ELECTRIC ARC WELDING

প্রকাশক : বি, চৌধুরী
২/১, ডি. এল. রায় স্ট্রীট
কলিকাতা-৬

ব্লক : স্ট্যাণ্ডার্ড ফটোটাইপ।
কলিকাতা-৯

মুদ্রণ : টি. কে. সরকার
দেশবাণী মুদ্রণিকা প্রাঃ লিঃ
১৪/সি, ডি. এল. রায় স্ট্রীট
কলিকাতা-৬

জানুয়ারী ১৯৭২

দাম : পাঁচ টাকা

ভূমিকা

ওয়েল্ডিং-এর উপর ইংরাজি ভাষায় লেখা অনেক ভাল বই পাওয়া যায়। তবে বাংলা ভাষায় লেখা হ'লে বাঙালী পাঠকের, এমনকি যাঁরা কেবলমাত্র বাংলাই জানেন তাঁদেরও খুব উপকার হ'বে —এই ভেবে প্রকাশক মহাশয় পুস্তকখানি রচনায় আমাদের উদ্যোগী ক'রে তুলেছেন। কিন্তু ওয়েল্ডিং সম্বন্ধে বাংলা ভাষায় বই লেখার প্রধান প্রতিবন্ধক হ'য়ে দাঁড়িয়েছে পরিভাষা। বহু ব্যবহৃত এবং সুপরিচিত ইংরাজি শব্দের বাংলায় সার্থক প্রতিশব্দ খুঁজে পেতে এবং উপযুক্ত স্থানে সুসঙ্গতভাবে ব্যবহার করতে আমাদের অনেক জটিল সমস্যার সম্মুখীন হ'তে হয়েছে। তাই অনেক বৈজ্ঞানিক ও কারিগরী ইংরাজি শব্দের বাংলা প্রতিশব্দ ব্যবহার না করে ঠিক ঠিক ভাব প্রকাশের জন্য ইংরাজি শব্দ্ সোজাসুজি বাংলায় গ্রহণ করা হয়েছে। গ্রন্থকারেরা মনে করেন অনেকেই যদি এইরূপ বাংলা ভাষায় বিজ্ঞান ও প্রযুক্তিবিদ্যার পুস্তক প্রণয়নে বা প্রবন্ধ রচনায় প্রবৃত্ত হন তখন বাঙালী পাঠকের কাছে এই সব বিশিষ্ট ইংরাজি শব্দের বঙ্গ-প্রতিশব্দকে দুরধিগম্য ও বিদেশী বলে মনে হ'বে না; বাংলা ভাষাও ক্রমশঃ সমৃদ্ধ হ'তে থাকবে।

প্রযুক্তি বিদ্যার ক্ষেত্রে ওয়েল্ডিং অপেক্ষাকৃত আধুনিক। এই সম্পর্কে গবেষণার কাজকর্ম অন্যান্য দেশের সাথে আমাদের দেশেও অল্পবিস্তর হ'য়ে চলেছে। প্রতিনিয়তই ওয়েল্ডিং পদ্ধতি, ইলেকট্রোড, যন্ত্রপাতি ইত্যাদির উন্নতি সাধিত হচ্ছে। এই অগ্রগতির দিকে দৃষ্টি রেখে এবং নানা প্রকার ওয়েল্ডিং, যথা, ফোর্জ ওয়েল্ডিং, অক্সি-গ্যাস ওয়েল্ডিং, ইলেকট্রিক আর্ক ওয়েল্ডিং, রেজিস্টান্স ওয়েল্ডিং, থারমিট্ ওয়েল্ডিং; ইনার্ট গ্যাস মেটাল আর্ক (মিগ্, টিগ্) ওয়েল্ডিং, স্পট্ ওয়েল্ডিং, স্টাড ওয়েল্ডিং ইত্যাদির মধ্য থেকে বহু ব্যবহৃত একটিকে,

এখানে সেটি হ'ল ইলেক্‌ট্রিক আর্ক ওয়েল্ডিং, নির্বাচিত ক'রে তার সম্পর্কে বিস্তারিতভাবে আলোচনা করা হয়েছে।

গ্রন্থকারেরা আশা করেন যে, এই পুস্তকটি ওয়েল্ডিংএর সঙ্গে প্রত্যক্ষভাবে সংযুক্ত ব্যক্তিদের—ওয়েল্ডিংএর ছাত্র, শিক্ষানবীশ, কর্মী এবং তদারকীর কাজে ন্যস্ত ব্যক্তিদের যথেষ্ট উপকারে আসবে। পাঠকেরা যদি পুস্তকটি পাঠে উপকৃত হন তবে গ্রন্থকারদের পরিশ্রম সার্থক হবে।

যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়ের মেকানিকাল ইঞ্জিনীয়ারিং বিভাগের অনেকেই আমাদের এই পুস্তকটি রচনাকালে নানাভাবে উৎসাহ ও অনুপ্রেরণা দিয়েছেন। তাঁদের কাছে আমরা কৃতজ্ঞ। পুস্তকটিতে যে সব ত্রুটি রয়ে গিয়েছে পাঠকেরা যদি সেগুলি সংশোধনের ও আরও কিছু সংযোজনার প্রয়োজন বোধ করেন এবং সে সম্বন্ধে নির্দেশ দেন তবে তাহা সাদরে গৃহীত হ'বে।

যাদবপুর বিশ্ববিদ্যালয়
ইঞ্জিনীয়ারিং কলেজ
কলিকাতা।

গ্রন্থকারগণ

সূচীপত্র

ফোর্জ ওয়েল্ডিং গ্যাস ওয়েল্ডিং থারমিট ওয়েল্ডিং রেজিষ্টান্স ওয়েল্ডিং	...	...	১
পরিভাষা	...	...	৬
ইলেক্ট্রিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং	...	...	১২
আর্ক ওয়েল্ডিং মেশিন ও যন্ত্রপাতি		...	২৩
ইলেক্ট্রিক্ আর্ক	...	...	২৮
আর্কওয়েল্ডিং ইলেক্ট্রোড		...	৩১
আর্কওয়েল্ডিং টেকনিক	...	...	৩৯
ওয়েল্ডিং সম্বন্ধীয় ধাতুবিদ্যা	...	...	৬৬
ওয়েল্ডেবিলিটি পরীক্ষা	...	...	৭১
ওয়েল্ডিং সঙ্কোচন নির্ণয়	...	...	৮০
ওয়েল্ডিং পরিদর্শন ও পরীক্ষা		...	৮৫
ওয়েল্ডিং-এর ব্যয়ের হিসাব	...	...	১০১
নিরাপত্তা বিধিনিষেধ	...	...	১১০

শুদ্ধিপত্র

পৃষ্ঠা	লাইন	ভুল	শুদ্ধ
৫৯	(৯)	ইলেকট্রোড প্রতি রাণ সংখ্যা	প্রতি ইলেকট্রোড হইতে ওয়েল্ডের দৈর্ঘ্য
৬৪	(তালিকায়) দশম লাইনে সংখ্যা 3 এর বদলে 2 হইবে।		
৬৮	(৮)	ধাতুকে তাপমাত্রা হইতে রক্ষা করে	বাদ যাইবে
৭৭	(শেষ লাইন)	সামগ্রিক	বাদ যাইবে
৭৭		Harden ability	Hardenability
৮১	(১)	T_o C তাপমাত্রায়	T_o °C তাপমাত্রায়
৮১	(৪)	T_o C তাপমাত্র	T °C তাপমাত্রায়
৮১	(১০)	$t = t_o\{1 + \alpha T - T_o'\}$	$t = t_o\{1 + \alpha(T - T_o)\}$
৮২	(৪)	$S_T = 0{\cdot}008\frac{AW}{t} + 0{\cdot}002d$	$S_T = 0{\cdot}008\frac{Aw}{t} + 0{\cdot}002d$
৮২	(শেষ)	$F_C = \frac{1}{1 + 0{\cdot}086P^{0.87}}$	$F_C = \frac{1}{1 + 0{\cdot}086\,P^{0{\cdot}87}}$
৮৩	(৪)	$S_L = \frac{A_W}{A_P} \times 00{\cdot}25$	$S_L = \frac{A_W}{A_P} \times 0{\cdot}025$
৮৯		চিত্র ১১০১'৩ (ক)১—৪	ইহা ৯০ পৃষ্ঠার টেবিলের সঙ্গে পড়িতে হইবে।
৯৩	(শেষ)	$B.H.N = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$	$B.H.N. = \frac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$
৯৪	(৪/১০)	p = প্রযুক্ত বল	P = প্রযুক্ত বল
১০১	(৩)	ট্রাক্চার্ ;	ট্রাক্চার্
১০৫	(১১)	$\frac{C - B}{g} \times 100$	$\frac{C - B}{A} \times 100$

শুদ্ধিপত্র

পৃষ্ঠা	শুদ্ধ
৬০	দ্বিতীয় সারির বামদিকের প্লেট প্রভৃতির ব্লকের রাণ সংখ্যা, ইলেকট্রোডের মাপ, ওয়েল্ডের দৈর্ঘ্য প্রভৃতির হিসাব যাহা তীর চিহ্ন দ্বারা তৃতীয় সারিতে দেখান হইয়াছে, তাহা তৃতীয়ের বদলে পঞ্চম সারি অনুযায়ী হইবে। এবং ডানদিকের ব্লকটির রাণ সংখ্যা ইত্যাদির হিসাব তীর চিহ্ন প্রদর্শিত চতুর্থ সারির বদলে তৃতীয় সারি অনুযায়ী হইবে।
৬০	তৃতীয় সারির বামদিকের প্রথম ব্লকটির রাণ সংখ্যা ইত্যাদির হিসাব তীর চিহ্ন প্রদর্শিত পঞ্চম সারির বদলে চতুর্থ সারি অনুযায়ী হইবে।
৬০	দ্বিতীয় সারির বামদিকের ব্লকের এবং ৬১ পৃষ্ঠার দ্বিতীয় সারির ডান দিকের ব্লকের মধ্যস্থলে বীড সংখ্যা ৫/৮ এর বদলে ৪/৪ হইবে।

আর্ক ওয়েল্ডিং

প্রথম অধ্যায়

সূচনা

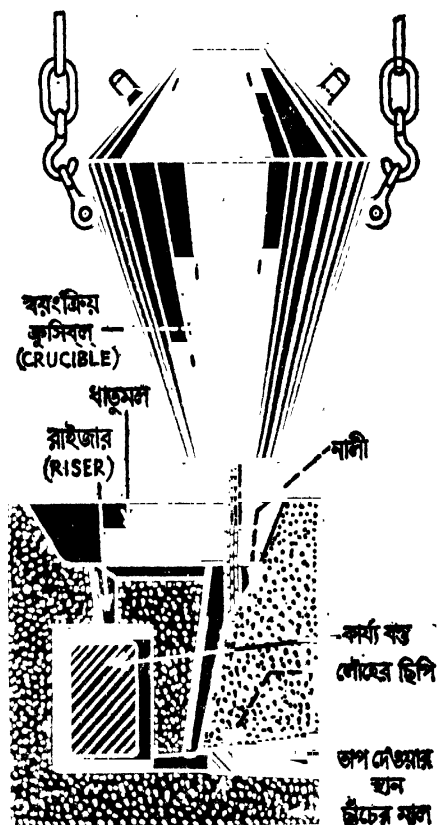
১.০ বিগত দুই তিন দশকের মধ্যে অপেক্ষাকৃত অনুন্নত অবস্থা হইতে বিভিন্ন প্রযুক্তি-ক্ষেত্রে ওয়েল্ডিং বিরাট অগ্রবর্তী স্থানে আসিয়া দাঁড়াইয়াছে। উদাহরণস্বরূপ বলা যাইতে পারে—এরোপ্লেন, মোটরগাড়ী, সেতুনির্মাণ প্রভৃতি যেমন দ্রুত ও অল্পব্যয়ে নির্মিত হইতেছে—ওয়েল্ডিংএর প্রয়োগনৈপুণ্য এতদূর প্রসারিত না হইলে হয়ত তাহা সম্ভব হইত না। জাহাজ এবং রেলওয়ে ওয়াগন নির্মাণে আজকাল রিভেটিং-এর স্থান দখল করিয়াছে ওয়েল্ডিং এবং ধীরে ধীরে রিভেটের ব্যবহার হ্রাস পাইতেছে। উন্নতধরণের ওয়েল্ডিং পদ্ধতি ও যন্ত্রপাতির বহুল প্রচলনে উন্নতমানের ওয়েল্ডিং করা বর্তমানে সম্ভব হইতেছে—যাহা মূলধাতুর (parent metal) সমান মজবুত।

এই পুস্তকে আমরা আর্ক ওয়েল্ডিং (ইলেকট্রিক-ওয়েলডিং) সম্পর্কে বিস্তৃত আলোচনা এবং এই অধ্যায়ে অন্যান্য ওয়েল্ডিং পদ্ধতি সম্বন্ধে সংক্ষিপ্ত আলোচনা করিয়াছি।

১.১ ফোর্জ ওয়েল্ডিং (Forge welding) :

এই প্রণালীতে কোন ধাতুখণ্ডের দুইটি খোলামুখ বাঁকাইয়া একটির উপর অপরটির মুখ পরিমাণ মত চাপান দেওয়া হয়, তারপর গরম করিয়া নরম অবস্থায় আনা হয় এবং পরে হাতুড়ীর আঘাতে ঐ দুইটি মুখ যুক্ত করা হয়। যদি ঠিকমত উত্তাপ ও চাপ দেওয়া হয়, তবে এই ওয়েল্ডিং-এর শক্তি, মূল ধাতুখণ্ডের সমান। উদাহরণস্বরূপ বলা যায়, লোহার শিকল, দরজার কড়া প্রভৃতি এইপদ্ধতিতে তৈয়ারী হয়।

১·২ গ্যাস ওয়েল্‌ডিং (Gas welding) :

ফোর্জ ওয়েল্ডিং-এর পরে আসে গ্যাস ওয়েল্ডিং। এই প্রণালীতে অক্সিজেন (Oxygen) এবং এসিটেলিন্ (Acetylene) জাতীয় গ্যাসকে ওয়েল্ডিং টর্চের সাহায্যে মিশ্রিত করিয়া অগ্নিসংযোগে শিখার

চিত্র নং—১·৩ থারমিট ওয়েল্‌ডিং

(Flame) সৃষ্টি করা হয়। এই শিখাসহযোগে ধাতুখণ্ডকে জোড়া লাগানোর জায়গায় গরম করা হয়। এখানকার উত্তাপ এমন হইবে

যাহাতে ঐ জায়গাটি গলিয়া যায়। এই অবস্থায় দুই খণ্ড জোড়া লাগিয়া যায়। সময় সময় পরিপূরক ধাতু (Filler material) সংযোগস্থলে ব্যবহার করা হয়।

১'৩ থারমিট ওয়েল্‌ডিং (Thermit welding):

ইহা উৎপাদনকার্য্যে (Production) প্রায় ব্যবহৃত হয় না। সাধারণতঃ মেরামতী কার্য্যে যেমন রোলিং মিল্‌ পিনিয়ন্‌ (Rolling mill Pinion), রেলওয়ে লাইন ইত্যাদিতে ব্যবহৃত হয়। এই পদ্ধতি একটি [illegible] প্রক্রিয়া। এলুমিনিয়াম্‌ পাউডার এবং আয়রণ্‌ অক্‌সাইডের সংমিশ্রণকে যদি উপযুক্ত উত্তাপ দেওয়া হয়, তাহা হইলে এলুমিনিয়ামের অধিকতর অক্সিজেন আসক্তির জন্য নিজে অক্‌সাইডে পরিণত হইয়া আয়রণ্‌ অক্‌সাইড্‌কে শুদ্ধ গলিত লৌহে (Iron) পরিণত করে। এই গলিত লৌহই ব্যবস্থানুযায়ী নির্দিষ্ট ফাঁকা স্থান পূর্ণ করিয়া ওয়েল্ডিং সুসম্পন্ন করে।

১'৪ রেজিষ্ট্যান্স্‌ ওয়েল্‌ডিং (Resistance welding):

এই পদ্ধতিতে ইলেক্‌ট্রিক্‌ কারেন্ট কোন ধাতব কার্য্যবস্তুর (workpiece) ভিতর দিয়া প্রবাহিত করিলে যে উত্তাপের সৃষ্টি হয়, তাহা ধাতুকে নরম অবস্থায় আনে এবং সেই সঙ্গে উপযুক্ত চাপ দেওয়ার ফলে ওয়েল্ডিং সুসম্পন্ন হয়। যে উত্তাপের সৃষ্টি হয়, তাহার পরিমাণ নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে পাওয়া যায়;

$$\theta = 0{\cdot}24\, I^2RT$$

যেখানে, θ = উত্তাপের পরিমাণ [illegible] (Calorie)

I = কারেণ্ট্‌ (Current) অ্যাম্‌পিয়ারে

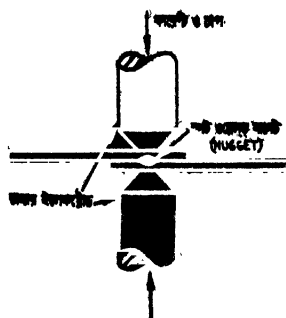
R = রেজিষ্ট্যান্স্‌ ওম্‌স্‌এ (Ohms)

T = সময় সেকেণ্ডে

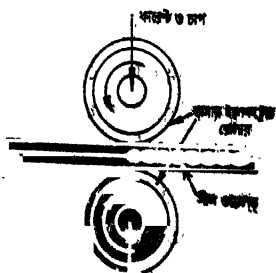
বিভিন্ন তাপমাত্রার জন্য কারেণ্ট, রেজিষ্ট্যান্স্‌ ও সময়ের পরিবর্তন উপযুক্তভাবে স্থির করা প্রয়োজন।

রেজিষ্ট্যান্স ওয়েল্ডিংকে প্রধানতঃ চারিপ্রকারে ভাগ করা যায়।

১'৪'১ স্পট্ ওয়েল্ডিং (Spot welding) :

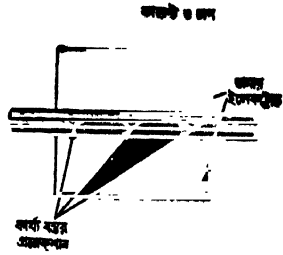
কার্য্যবস্তু দুইটাকে সাধারণতঃ দুইটা তামার ইলেক্ট্রোডের মধ্যে চাপিয়া ধরা হয়, তারপর উচ্চ শক্তিসম্পন্ন বিদ্যুৎ নির্দিষ্ট সময়ের জন্য

চিত্র নং—১'৪-১ স্পট ওয়েল্ডিং

প্রবাহিত করানো হয়। বিদ্যুৎপ্রবাহ বন্ধ হইলে উপযুক্ত চাপের দ্বারা ওয়েল্ডিং সম্পন্ন হয়।

১'৪-২. সীম ওয়েল্ডিং (Seam welding) :

চিত্র নং—১'৪-২ সীম ওয়েল্ডিং

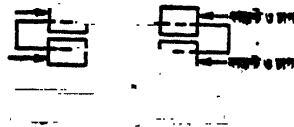
সীম্ ওয়েল্ডিং ও স্পট ওয়েল্ডিং প্রায় একই ধরণের। এখানে স্পট ক্রমাগত থাকে এবং ইলেক্ট্রোড্গুলি মোটর দ্বারা চালিত হয়।

১'৪-৩ প্রজেকশন ওয়েল্‌ডিং (Projection welding) :

এই ওয়েল্ডিং পদ্ধতিতে কার্য্যবস্তুর বিশেষ প্রস্তুতি দরকার হয়। সেইজন্য জায়গায় জায়গায় যেখানে ওয়েল্‌ডিং হইবে, সেইখানে সামান্য

চিত্র নং—১'৪-৩ প্রজেক্শন ওয়েল্‌ডিং

উঁচু (Projection) করিয়া লওয়া হয়। দুইটি কার্য্যবস্তুর একটিতে এইরূপ প্রস্তুতি প্রয়োজন। সীট্ মেটালে বা চাদরে এই প্রজেক্শনগুলি প্রেসের সাহায্যে খুব সহজেই করা চলে।

১'৪-৪ বাট্ ওয়েল্‌ডিং (Butt welding) :

এই পদ্ধতিতে দুইটি অংশকে মুখোমুখি জোড়া দেওয়া হয়। অংশ দুইটিকে তামার ক্ল্যাম্পের সাহায্যে মুখোমুখি চাপিয়া ধরা হয়

চিত্র নং—১'৪-৪ বাট ওয়েল্‌ডিং

এবং উপযুক্ত মাত্রার বিদ্যুৎশক্তি প্রয়োজনীয় সময়ের জন্য প্রবাহিত করা হয়। বিদ্যুৎপ্রবাহ বন্ধ হইলে চাপের সাহায্যে ওয়েলডিং সম্পন্ন হয়।

দ্বিতীয় অধ্যায়

পরিভাষা

নিম্নলিখিত ওয়েল্‌ডিং সম্বন্ধীয় শব্দসমূহ এই পুস্তকে ব্যবহৃত হইবে।

অ্যালাইন্‌মেন্ট্ (Alignment)—কার্য্যবস্তুসমূহের উপযুক্ত পারস্পরিক অবস্থিতি।

অ্যানীল (Anneal)—উত্তাপ প্রয়োগের দ্বারা ধাতুর কাঠিন্য হ্রাস করা।

আর্ক (Arc)—ইলেক্‌ট্রন বর্জিত (ionised) বিদ্যুৎপথের বায়বীয় অংশ।

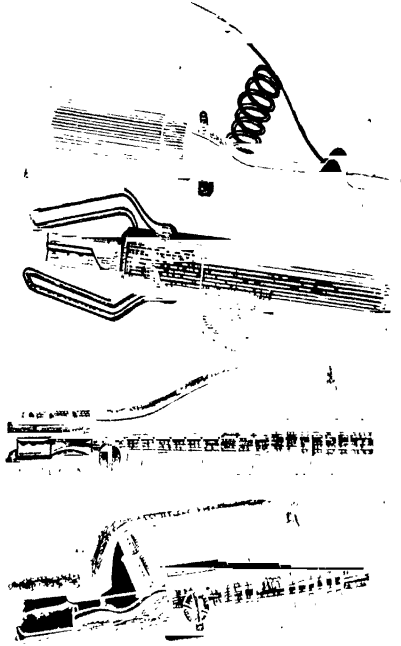
আর্ক ওয়েল্‌ডিং (Arc welding)—আর্কের উত্তাপে ধাতব কার্য্যবস্তু গলাইয়া ইলেক্‌ট্রোড হইতে গলিত ধাতু সরবরাহ করিয়া কার্য্যবস্তু জোড়া দিবার প্রণালী।

আর্ক ভোল্‌টেজ (Arc Voltage)—আর্কের দুই প্রান্তে বৈদ্যুতিক চাপের তারতম্য।

আর্থিং (Earthing)—ওয়েল্‌ডিং মেশিন ও ভূমি এবং কার্য্যবস্তু ও ভূমির সঙ্গে সংযোগ।

ইলেক্‌ট্রোড (Electrode)—ধাতব তার, যাহা আর্ক প্রস্তুত করে এবং আর্কের উত্তাপে গলিয়া ওয়েল্‌ডিংয়ে ধাতু সরবরাহ করে।

ইলেক্‌ট্রোড সাইজ (Electrode size)—ইলেক্‌ট্রোডের তারের ব্যাস।

ইলেক্‌ট্রোড হোল্‌ডার (Electrode holder)—ইলেক্‌ট্রোড ধরিবার ও ইলেক্‌ট্রোডের সঙ্গে বৈদ্যুতিক সংযোগ রক্ষা করিবার সরঞ্জাম।

ইলেক্‌ট্রোড হোল্‌ডার

ইলাস্‌টিসিটি (Elasticity) বা স্থিতিস্থাপকতা—রবারকে খানিকটা টানিয়া ছাড়িয়া দিলে যেমন পূর্বাকৃতি ফিরিয়া পায় তেমনি প্রত্যেক কঠিন পদার্থের ক্ষেত্রে অল্পবিস্তর এইরূপ ঘটে। এই গুণকে পদার্থের স্থিতিস্থাপকতা বলে।

ইণ্টারমিটেণ্ট ওয়েল্‌ড্‌ (Intermittent Weld)—মাঝে মাঝে নির্দিষ্ট পরিমাণ স্থান বাদ দিয়া ওয়েল্‌ডিং।

এ. সি. (A. C.)—অল্‌টারনেটিং কারেণ্ট (Alternating current); যে বিদ্যুৎপ্রবাহ অনবরত দিক ও পরিমাণ পরিবর্তন করে।

ডি. সি. (D. C.)—ডাইরেক্ট্ কারেন্ট (Direct Current); যে বিদ্যুৎপ্রবাহ দিক পরিবর্তন করে না এবং সাধারণতঃ সমচাপে প্রবাহিত হয়।

এচিং (Etching)—যে প্রণালীতে তরলীকৃত এসিড্ (diluted acid) বা ঐ ধরণের কোন উপযুক্ত রাসায়নিক পদার্থ বিশেষরূপে প্রস্তুত মসৃণ ধাতব অংশে লাগাইয়া ধাতুর গঠনপ্রকৃতি নিরীক্ষণ করা হয়।

কন্‌ডাক্‌টিভিটি (Conductivity)—বিদ্যুৎ কিংবা উত্তাপ সঞ্চালন ক্ষমতা।

কনট্রাক্‌শান্ (Contraction)—সঙ্কোচন।

কভার গ্লাস (Cover glass)—ওয়েল্ডিং শীল্ড বা ঢালে রঙিন কাচের উপর যে সাদা কাচ ব্যবহার করা হয়।

কারেন্ট্ (Current)—বর্ত্মনী বা সারকিট-এ (circuit) বিদ্যুৎপ্রবাহের মাত্রা; ইহার পরিমাণ অ্যাম্পীয়ার-এ মাপা হয়।

কাস্ট আয়রণ (Cast Iron—C. I.)—চীনে লোহা।

কেব্‌ল্ (Cable)—রবার অথবা অন্য কোন বিদ্যুৎ চাপনিরোধক (insulating) পদার্থদ্বারা আচ্ছাদিত বিদ্যুৎবাহক তার।

কোটেড্ ইলেকট্রোড (Coated Electrode)—যে ইলেকট্রোড বিশেষরূপে প্রস্তুত রাসায়নিক পদার্থদ্বারা আচ্ছাদিত। এই আচ্ছাদনকে কোটিং (Coating) বলে।

কোর (Core)—কোটেড্ ইলেক্‌ট্রোডের মধ্যস্থিত ধাতব তার।

ক্রেটার (Crater)—কার্য্যবস্তুর উপর আর্ক জনিত গর্ত্ত।

গ্যাস পকেট (Gas pocket)—ধাতুতে আবদ্ধ গ্যাসযুক্ত স্থল।

টেস্ট পীস্ (Test piece)—পরীক্ষার জন্য বিশেষভাবে প্রস্তুত কার্য্যবস্তুর অংশবিশেষ।

ডাক্‌টিলিটি (Ductility)—টানিলে লম্বা হইবার গুণ বিশেষ (তান্তবতা)।

ডিপোজিট (Deposit)—কার্য্যবস্তুর উপর গলিত ইলেকট্রোড হইতে সরবরাহিত ধাতু (অবক্ষেপ)।

ডিস্‌টরশন্ (Distortion) আকৃতির অবাঞ্ছিত পরিবর্তন (বিকৃতি)।

ডি, পি এইচ. (D. P. H.)—ডায়মণ্ড পিরামিড হার্ডনেস্ (Diamond Pyramid Hardness)। ভিকার্স হার্ডনেস্ (Vicker's hardness) পরীক্ষায় নির্ণীত কাঠিন্যের মান।

নন্-ফেরাস (Non-ferrous)—লৌহেতর ধাতু। যেমন, তামা পিতল ইত্যাদি।

পেরেণ্ট্ মেটাল (Parent Metal)—মূল ধাতু বা কার্য্যবস্তু (job), যাহাকে ওয়েল্ড্ করিতে হইবে।

ফিলেট্ ওয়েল্ড (Fillet weld)—ত্রিকোণাকৃতি ছেদ ক্ষেত্র (cross section) সমন্বিত ওয়েল্ডিং।

ফিক্‌স্‌চার (Fixture)—কাজের সুবিধার জন্য কার্য্যবস্তুসমূহ নির্দিষ্টভাবে ধরিয়া রাখার যান্ত্রিক সরঞ্জাম।

ফিউশন্ ওয়েল্ডিং (Fusion Welding)—যে পদ্ধতিতে ধাতু গলাইয়া বিনা চাপে জোড়া দেওয়া হয়।

ফিউশন্ জোন (Fusion Zone)—ওয়েল্ডিং-এর সময় যে স্থান পর্য্যন্ত ধাতু গলিয়া যায়।

ফিউশন্ ফেস্ (Fusion Face)—ধাতুর যে স্থান গলাইয়া জোড়া দিতে হইবে।

ফেরাস্ (Ferrous)—যে ধাতব পদার্থের প্রধান উপাদান লৌহ।

ফ্লাক্‌স্ (Flux)—গলনীয় রাসায়নিক পদার্থ; —ইহা ধাতব অক্‌সাইড (Oxide), নাইট্রাইড (Nitride) এবং ধাতুর ভিতরে অবাঞ্ছিত বস্তু সৃষ্টির বাধা দেয় অথবা উহাদিগকে মিশ্রিত করিয়া ধাতুমল (slag)-এ পরিণত করে।

বাট্ ওয়েল্ডিং (Butt welding)—দুইটি ধাতুখণ্ডকে এক সমতলে মুখোমুখি রাখিয়া জোড়া লাগানর পদ্ধতি।

বাট্‌ জয়েণ্ট (Butt joint)—দুইটি ধাতুখণ্ডকে এক সমতলে মুখোমুখি রাখিয়া ওয়েল্‌ড্‌ করিলে যে জোড় তৈরী হয়।

বিভেলিং (Beveling)—কার্য্যবস্তুর একধার ঢালু করিয়া কাটা।

বেয়ার ইলেক্‌ট্রোড (Bare electrode) বা নগ্ন ইলেক্‌ট্রোড্‌ — যে ইলেক্‌ট্রোডে ফ্লাক্‌স্‌ কোটিং বা আচ্ছাদন থাকে না।

বেস মেটাল (Base metal)—মূল ধাতু বা কার্য্যবস্তু (job), যাহাকে ওয়েল্‌ড করিতে হইবে।

ব্যাকিং ষ্ট্রীপ্‌ (Backing strip)—ওয়েল্‌ডিং-এর সুবিধার্থে জোড়ের নীচের দিকে ব্যবহৃত ষ্টীল, তামা, অ্যাস্‌বেষ্টোস্‌ ইত্যাদি কোন একটি পদার্থের অংশবিশেষ।

ব্রিনেল হার্ডনেস্‌ (Brinell Hardness)—ধাতুর কাঠিন্য প্রকাশের এক পদ্ধতির নাম। একঠি বিশেষ পদ্ধতিতে ধাতুর কাঠিন্য পরীক্ষা করিয়া ব্রিনেল্‌ হার্ডনেস্‌ নাম্বার (বি-এইচ্‌-এন্‌—B.H.N.) মান নির্ণয় করা হয়।

ব্লো হোল (Blow hole)—ওয়েল্‌ডিং-এর উপর আবদ্ধ গ্যাসজনিত গর্ত।

ভি. পি. এন (V.P.N.)—ভিকার্স পিরামিড নাম্বার (Vicker's Pyramid Number) :—ভিকার্স হার্ডনেস্‌ টেষ্ট (Vicker's hardnesss test) নামক পরীক্ষায় নির্ণীত কাঠিন্যের মান।

ভিস্‌কোসিটি (Viscosity)—(সান্দ্রতা) তরল পদার্থের আঠালো ভাব বা ঘর্ষণ প্রতিরোধ ক্ষমতা (frictional resistance)।

মাল্‌টিরান ওয়েল্‌ড্‌ (Multirun weld)—যে ওয়েল্‌ডিং-এ একাধিক স্তরে ওয়েল্‌ডিং ধাতু সরবরাহ করা হয়।

মেটালিক আর্ক ওয়েল্‌ডিং (Metallic Arc Welding)—যে আর্ক ওয়েল্‌ডিংয়ে ধাতব ইলেক্‌ট্রোড ব্যবহার করা হয়।

ম্যালিয়েবল্‌ (Malleable)—পিটাইয়া চ্যাপ্‌টা করা যায় এইরূপ গুণ বিশেষ।

রুট ওপেনিং (Root Opening)—বাট্ ওয়েল্ডিংয়ে দুইটি প্লেটের মধ্যস্থিত সমান্তরাল ফাঁকা জায়গা।

লেগ্ (Leg)—ফিলেট ওয়েল্ডের মূল ধাতু খণ্ডের উপর ওয়েল্ড্ ধাতুর বিস্তৃতি ১১'১-৩ (খ), নং চিত্রে ফিলেট ওয়েলডিং-এ যাহার মাপ দেখান হইয়াছে তাহাই লেগ্।

ল্যাপ্ ওয়েল্ড্ (Lap Weld)—এই ওয়েল্ডিংয়ে একটি ধাতু খণ্ড অন্য ধাতুখণ্ডের উপর শায়িত অবস্থায় থাকে এবং একটির ধারের সঙ্গে অন্যটির গায়ে ফিলেট ওয়েল্ডিং করিয়া জোড়া দেওয়া হয় (চিত্র ৭'১ (খ) দ্রষ্টব্য)।

সারফেস্ টেনশান (Surface tension) বা তল-টান—দুইটি তরল বা বায়বীয় পদার্থের সাধারণ তলে (Interface) যে টান (tension) থাকে। মুখ খোলা কাঁচের সরু নলে জল থাকিলে জলের উপরিভাগ তল-টানের জন্য অবতল (Concave) থাকে।

স্পেসিমেন (Specimen)—নমুনা টেষ্ট্ পীস্ দ্রষ্টব্য।

হার্ড ফেসিং (Hard facing)—ওয়েল্ডিংয়ের সাহায্যে বিশেষ ইলেক্ট্রোড দ্বারা অপেক্ষাকৃত নরম ধাতুদ্রব্যের উপর কঠিন ধাতুর প্রলেপ দেওয়া হয়।

হার্ডেনিং (Hardening)—ধাতব পদার্থের কাঠিন্য বৃদ্ধি করিবার উপায়।

হিট্ অ্যাফেক্টেড জোন (Heat affected zone) বা তাপ-প্রভাবিত স্থান—ওয়েল্ডিং-এর উত্তাপে মূল ধাতুর যে অংশের গঠন ও গুণ পরিবর্তিত হয়।

হিট্ ট্রিটমেন্ট (Heat Treatment)—নিয়ন্ত্রিত ভাবে উত্তাপ প্রয়োগ এবং ঠাণ্ডা করিয়া ধাতব পদার্থের কাঠিন্য ও গুণাগুণ পরিবর্তন।

হেলমেট (Helmet)—ওয়েল্ডিং-এর স্ফুলিঙ্গ হইতে মাথা বাঁচাইবার আবরণ।

হ্যাণ্ড স্ক্রিন (Hand Screen), বা শীল্ড্ (Shield), বা ফেস্

শীল্‌ড্‌ (Face shield) বা ঢাল—ওয়েল্‌ডিং করিবার সময় যে রঙিন ও সাদা কাঁচযুক্ত মুখাচ্ছাদন ব্যবহার করা হয়।

ফেস্‌ শীল্ড (Face Shield) বা ঢাল

তৃতীয় অধ্যায়

ইলেক্‌ট্রিক্যাল ইঞ্জিনিয়ারিং সম্বন্ধীয় জ্ঞান

প্রাথমিক ইলেক্‌ট্রিক্যাল ইউনিট্‌ (Basic electrical units) :

যে সমস্ত বৈদ্যুতিক পরিমাপের একক (unit) বেশী চল্‌তি, তাহাদের মধ্যে এ্যাম্‌পিয়ার্‌, ভোল্ট, ওম্‌ এবং ওয়াট্‌ অন্যতম।

কারেন্টের পরিমাপ করা হয় এ্যাম্‌পিয়ারে (Ampere), [illegible] চাপের পরিমাপ ভোল্টে (Volt), বৈদ্যুতিক প্রবাহের প্রতিরোধ ওমে (Ohm) এবং বৈদ্যুতিক শক্তির পরিমাপ করা হয় ওয়াটে (Watt).

ইলেকৃট্রিক্যাল ইউনিট

নাম	একক	এককের চিহ্ন
কারেন্ট (I, i)	এ্যাম্পিয়ার (Amphere)	A, ∝, amp,
বৈদ্যুতিক চাপ (E, e, V, v)	ভোল্ট (Volt)	V
বৈদ্যুতিক-প্রবাহ-প্রতিরোধ (Resistance) —রেজিষ্ট্যান্স (R, r)	ওম (Ohm)	Ω
বৈদ্যুতিক শক্তি (P)	ওয়াট (Watt) কিলোওয়াট্ (Kilowatt)	W Kw

৩'১. রেজিষ্ট্যান্স নির্ণয় ঃ

বিদ্যুৎবাহী মাধ্যমের (Conductor) রেজিষ্ট্যান্স (Resistance) নিম্নোক্ত সূত্র সাহায্যে নির্ণয় করা হয়,—

$$R = \rho \frac{L}{A}$$

যেখানে ρ (রো) একমিটার লম্বা ও এক বর্গমিটার ছেদ ক্ষেত্রফল বিশিষ্ট বিদ্যুৎ-পরিবাহীর 0°C (সেন্টিগ্রেডে) বিদ্যুৎ-প্রতিরোধশক্তি ; L মিটারে বিদ্যুৎ-পরিবাহীর দৈর্ঘ্য, এবং A বর্গ মিলিমিটারে বিদ্যুৎ-পরিবাহীর ছেদ-ক্ষেত্রফল।

৩'২ ডি. সি. র জন্য নিম্নোক্ত সূত্রগুলি প্রযোজ্য :—

বৈদ্যুতিক শক্তি $P = V. I$, ওয়াট্

P, V, I এর অর্থ পূর্বোক্ত টেবিলে দেওয়া হইয়াছে।

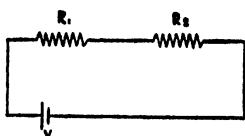
যেহেতু ওয়াট্ খুব ছোট একক, সেইজন্য কিলোওয়াটের প্রচলন ব্যবহারিক ক্ষেত্রে বেশী। 1 কিলোওয়াট্ = 1000 ওয়াট্

ব্যয়িত শক্তির পরিমাণ (Energy) = V. I. t ওয়াট্ আওয়ার্

$$= \frac{V. I. t.}{1000}$$ কিলোওয়াট্-আওয়ার (KWH)

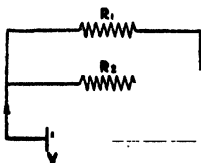
যেখানে t ঘন্টায় সময়ের পরিমাপ।

৩'২-১ **ওম্‌স্‌ ল'** (Ohm's law)—$I=\frac{V}{R}$

বিদ্যুৎ-প্রবাহের পথ সিরিজে (series), প্যারাল্যালে (parallel) অথবা সিরিজ-প্যারাল্যালে (series-parallel) থাকিতে পারে। এই সব ক্ষেত্রে সামগ্রিক প্রতিরোধের পরিমাণ নিম্নোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

চিত্র নং—৩'২'১-১

সিরিজ সার্‌কিট্‌ (Series Circuit)

সামগ্রিক প্রতিরোধ $R=R_1+R_2$

সুতরাং কারেন্ট $I=\frac{V}{R}=\frac{V}{R_1+R_2}$

চিত্র নং—৩'২'১-২

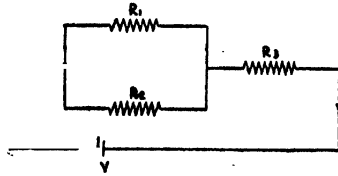
প্যারাল্যাল্‌ সার্‌কিট্‌ (Parallel Circuit)

এখানে, $\frac{1}{R}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}$

$\therefore\ R=\frac{R_1.R_2}{R_1+R_2}$

সুতরাং কারেন্ট $I=\frac{V}{R}=\frac{R_1+R_2}{R_1.R_2}.V.$

সিরিজ-প্যারাল্যাল্‌ সারকিট্‌ (Series-Parallel Circuit)

যদি R_1 ও R_2 র সামগ্রিক প্রতিরোধকে R' বলা হয়, তাহা হইলে,

চিত্র নং—৩'২'১.৩

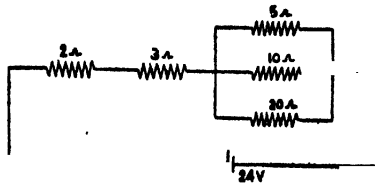
$$\frac{1}{R'} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}$$

$$\therefore \quad R' = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$$

বর্ত্মনীর সামগ্রিক প্রতিরোধকে যদি R বলা হয়, তবে,

$$R = R' + R_3 = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3$$

সুতরাং কারেণ্ট $I = \frac{V}{R} = \frac{V}{\frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2} + R_3}$

উদাহরণ :

চিত্র নং ৩'২'১-৪

সিরিজ-প্যারালাল্‌ সার্‌কিট্‌

উপরের অঙ্কিত বর্ত্মনীতে (Circuit) বিদ্যুৎ-প্রবাহের পরিমাণ নির্ণয় কর।

আমরা জানি, $\frac{1}{R'}=\frac{1}{R_1}+\frac{1}{R_2}+\frac{1}{R_3}$

$$=\frac{1}{5}+\frac{1}{10}+\frac{1}{20}=\frac{7}{20}$$

$$\therefore \quad R'=\frac{20}{7}\Omega$$

সামগ্রিক প্রতিরোধ $R=R_4+R_5+R'$

$$=2+3+\frac{20}{7}=\frac{55}{7}\Omega$$

সুতরাং কারেণ্ট বা বিদ্যুৎ-প্রবাহের পরিমাণ

$$I=\frac{V}{R}=\frac{24}{\frac{55}{7}}=\frac{24\times 7}{55}=3{\cdot}05 \text{ এ}$$

৩'২-২ বৈদ্যুতিক উৎস সমূহও সিরিজ, প্যারাল্যাল কিংবা সিরিজ প্যারাল্যালে থাকিতে পারে। সে সব ক্ষেত্রে নিম্নোক্ত উপায়ে বিদ্যুৎ-প্রবাহের পরিমাণ নির্ণয় করা যায়।

চিত্র নং—৪'২'২-১
বৈদ্যুতিক উৎস সিরিজে আছে

চিত্র নং—৪'২'২-২
বৈদ্যুতিক উৎস প্যারালালে আছে।

সামগ্রিক বৈদ্যুতিক চাপ $=V=V_1+V_2$

সুতরাং কারেণ্ট $=I=\frac{V}{R}=\frac{V_1+V_2}{R}$

সামগ্রিক বিদ্যুৎ প্রবাহের পরিমাণ (I)

$=V_1$ বৈদ্যুতিক উৎসের জন্য বিদ্যুৎ-প্রবাহ $(I_1)+V_2$ বৈদ্যুতিক উৎসের জন্য বিদ্যুৎ-প্রবাহ (I_2)

V_1 এবং V_2 সমান না হইলে প্যারাল্যালে সংযোগ করিলে অনেক জটিলতার সৃষ্টি হয়, যাহা এই পুস্তকের আলোচ্য বিষয় বহির্ভূত।

$$\text{সামগ্রিক-বৈদ্যুতিক চাপ} = V = V_1 = V_2$$

$$\text{এবং কারেন্ট} = 1 = \frac{2V}{R}$$

সাধারণতঃ বৈদ্যুতিক উৎস সিরিজে সংযুক্ত হয় যখন প্রয়োজনীয় বৈদ্যুতিক চাপ একটির বৈদ্যুতিক উৎসের চাপের চেয়ে অধিক। প্যারাল্যালে সংযোগ তখন করা হয় যখন বেশী পরিমাণ বিদ্যুৎ-প্রবাহ দরকার যাহা একটি উৎস হইতে পাওয়া সম্ভব নয়। ওয়েলডিং-এ বেশী পরিমাণ বিদ্যুৎ-প্রবাহের জন্য বৈদ্যুতিক উৎস প্রায়শঃই প্যারাল্যালে সংযুক্ত করা হয়।

৩'৩ এ.সি. বর্ত্মনীতে বিদ্যুৎ-প্রতিরোধ,—ওমস্ ল'

এ. সি. বর্ত্মনীতে বিদ্যুৎ-প্রতিরোধ (Resistance) ব্যতীত ও ইন্‌ডাক্‌ট্যান্স (Inductance) ও ক্যাপাসিট্যান্স (Capacitance)-এর বিরুদ্ধে বিদ্যুৎ-কে প্রবাহিত হইতে হয়। পরিবাহীর (Conductor) ভিতর এ. সি. কারেন্ট প্রবাহিত হইলে পরিবাহীর চারিপাশে কম্পমান (Alternating) চুম্বক ক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়—যাহার জন্য পরিবাহীর ভিতর সেল্‌ফ্‌-ইন্‌ডাক্‌সন্‌-ঘটিত বৈদ্যুতিক চাপের সৃষ্টি হয়। এই বৈদ্যুতিক চাপ বাহ্যিক উৎসের চাপের বিরুদ্ধে কাজ করে। বাহ্যিক উৎসের বৈদ্যুতিক চাপের যে পরিমাণ অংশ সেল্‌ফ্‌ ইন্‌ডাক্‌সন্‌ (self induction) ঘটিত বৈদ্যুতিক চাপকে নিষ্ক্রিয় করে, তাহাকে ইন্‌ডাক্‌টিভ্‌ ভোল্টেজ্‌ ড্রপ (Inductive Voltage drop) বলে।

সেল্‌ফ-ইনডাক্‌সন্‌-ঘটিত বৈদ্যুতিক চাপের পরিমাণ $= E_L$

$$E_L = 2\pi fLI$$

যেখানে L = বর্ত্মনীর ইন্ডাক্সনের পরিমাণ 'হেন্রীতে' (Henry)

$= \frac{\phi}{I}$

f = অল্টার্নেটিং কারেণ্টের সেকেণ্ডে দিক পরিবর্ত্তনের সংখ্যা (frequency)।

π = একটি ধ্রুবক, মান $\frac{22}{7}$ অথবা 3·14 প্রায়।

I = কারেণ্টের পরিমাণ অ্যাম্পিয়ারে।

ϕ (ফাই) = ম্যাগ্নেটিক্ ফ্লাক্স (Magnetic flux) যদি

$2\pi fL = X_L$ হয় তবে $E_L = X_L . I$

এ. সি. বর্ত্মনীতে ওম্সের নিয়মকে আমরা নিম্নলিখিত ভাবে ব্যবহার করিতে পারি।

$$I = \frac{E_L}{X_L} = \frac{V_L}{X_L}$$

যেখানে V_L = ইন্ডাক্ট্যান্সযুক্ত বর্ত্মনীতে প্রযুক্ত বৈদ্যুতিক চাপ

X_L = বর্ত্মনীর ইন্ডাক্টিভ্ রি-এ্যাকট্যান্স (Inductive reactance)।

কুণ্ডলীকৃত তারে ইন্ডাক্ট্যান্স সাধারণতঃ খুব বেশী হয়।

ক্যাপাসিট্যান্সযুক্ত এ. সি. বর্ত্মনীতে ওম্সের নিয়ম হইল,

$$I = \frac{V_C}{X_C}$$

যেখানে, V_C = ক্যাপাসিট্যান্সযুক্ত বর্ত্মনীতে প্রযুক্ত বৈদ্যুতিক চাপ।

X_C = বর্ত্মনীর ক্যাপাসিটিভ্ রি-এ্যাক্ট্যান্স্ (Capacitive reactance)

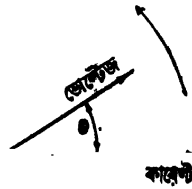
ফ্রিকোয়েন্সি বাড়িলে X_L আনুপাতিক ভাবে বাড়ে এবং X_C কমে অর্থাৎ $X_L \propto f$ এবং $X_C \propto \frac{1}{f}$ ($\propto$ = আনুপাতিক)

শুদ্ধ প্রতিরোধ যুক্ত (Pure resistance) এ. সি. বর্ত্মনীতে

কারেণ্ট ও ভোল্টেজ্ একই তালে (Phase) থাকে। যদি বর্ত্মনীতে রেজিষ্ট্যান্স, ইন্‌ডাকট্যান্স দুইই থাকে, তবে বৈদ্যুতিক চাপ বিদ্যুৎ প্রবাহের আগে ভাগে প্রবাহিত হয় (৩'৩-২ চিত্র)।

যদি বর্ত্মনীতে রেজিষ্ট্যান্স ও ক্যাপাসিট্যান্স থাকে তবে কারেণ্ট ভোল্টেজের আগে ভাগে প্রবাহিত হয় (৩'৩-১ চিত্র)।

চিত্র নং—৩'৩-১

রেজিষ্ট্যান্সযুক্ত ক্যাপাসিটিভ্ সার্কিটে ভোল্টেজ ও কারেণ্ট পারস্পরিক অবস্থান

চিত্র নং—৩'৩-২

রেজিষ্ট্যান্সযুক্ত ইন্‌ডাকটিভ্ সার্কিটে ভোল্টেজ ও কারেণ্টের পারস্পরিক অবস্থান

এ. সি. বর্ত্মনীতে কারেণ্ট ও ভোল্টেজ উভয়ই দ্রুত পরিবর্তিত হয় এবং তাহাদের সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন পরিমাণ একই সঙ্গে নাও সংঘটিত হইতে পারে—(৩'৩-৩ নং চিত্র)।

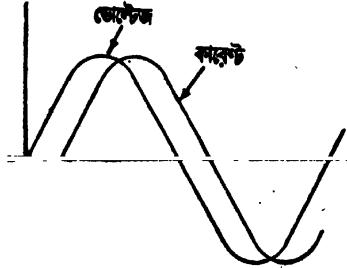
সাইনুসয়ডাল্ (sinosoidal) অলটারনেটিং কারেণ্টের ক্ষেত্রে শক্তিকে নিম্নলিখিত ভাবে প্রকাশ করা যায়।

শক্তি (Power), $P = VI \cos\theta$

যেখানে θ = কারেণ্ট ও ভোল্টেজ্ ভেক্টারের অন্তর্গত কোণ (৩'৩-২ চিত্র)।

শুদ্ধ রেজিষ্ট্যান্সযুক্ত এ. সি. বর্ত্মনীতে $\theta = 0$, সেক্ষেত্রে $\cos\theta = 1$

$$\therefore \; P = V.I.$$

এই $\cos\theta$ কে পাওয়ার ফ্যাক্টর (power factor সংক্ষেপে P. F.) বলে।

চিত্র নং—৩'৩-৩

এই প্রসঙ্গে বলা যায়, ওয়েল্ডিং ট্রান্সফরমারে খুব বেশী X_L থাকে, যাহার জন্য পাওয়ার ফ্যাক্টর খুব কম হয়।

৩'৪ বৈদ্যুতিক প্রবাহ-জনিত তাপক্রিয়া :

বিদ্যুৎ-প্রবাহের জন্য তাপ উৎপাদনের পরিমাণ

$H = 0{\cdot}24\ I^2Rt$ ক্যালরি

যেখানে t = সেকেণ্ডে সময়ের পরিমাপ।

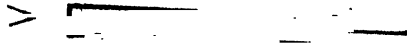
আর্ক-ওয়েল্ডিংয়ে বৈদ্যুতিক প্রতিরোধ নির্ণয় করা হয় না। এই ক্ষেত্রে আর্কের বৈদ্যুতিক চাপের পরিমাণ ও বর্ত্মনীতে কারেন্টের পরিমাপ করা সহজতর। এই ক্ষেত্রে তাপের পরিমাণ

$H = 0{\cdot}24\ VIt$ ক্যালরি।

উদাহরণ স্বরূপ বলা যাইতে পারে, বর্ত্মনীরক্ষাকারী ফিউজ (Fuse) এই বিদ্যুৎ-প্রবাহজনিত তাপক্রিয়ার উপর নির্ভর করিয়া কাজ করে। বিদ্যুৎ-পরিবাহীর ছেদ-ক্ষেত্রফল (cross-section) যত বেশী হইবে, অতিরিক্ত উত্তপ্ত না হইয়া তত বেশী মাত্রায় বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে পারিবে।

বিভিন্ন ধরণ ও আকারের বিদ্যুৎ-পরিবাহীর বিভিন্ন বিদ্যুৎ-প্রবাহ-ক্ষমতা থাকে। এই বিদ্যুৎ-প্রবাহ মাত্রা অতিক্রম করিলে অনাচ্ছাদিত বিদ্যুৎ-পরিবাহী বিপদজনকভাবে উত্তপ্ত হয় এবং যদি বিদ্যুৎ পরিবাহী বিদ্যুৎ-প্রবাহ-নিরোধক আচ্ছাদনযুক্ত হয়, তবে উত্তাপের আধিক্যহেতু উক্ত আচ্ছাদন নষ্ট হইয়া যায়।

৩.৫ বিদ্যুৎ-শক্তিজনিত চুম্বকত্ব (Electro-magnetism) :

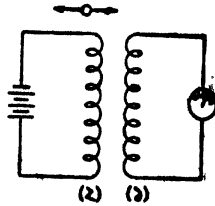
পরিবাহীর মধ্য দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইলে তাহার চারিপাশে চুম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়। পরিবাহীটি যদি সোজা তারের পরিবর্তে কুণ্ডলীকৃত অবস্থায় থাকে, তবে চুম্বকক্ষেত্র বহুলাংশে জোরালো হয়। এই কুণ্ডলীকৃত পরিবাহীকে সলিনয়েড্ (solenoid) বলে।

চিত্র নং—৩.৫-১ সরল পরিবাহী

চিত্র নং—৩.৫-২ সলিনয়েড

তারের কুণ্ডলীর (solenoid) ভিতর কাঁচা লোহা স্থাপন করা হইলে ইহা ইলেকট্রো-ম্যাগনেটে (Eectro-magnet) পরিণত হয়।

আবার, বিদ্যুৎ-পরিবাহী ও চুম্বকক্ষেত্রের মধ্যে আড়াআড়ি ভাবে আপেক্ষিক গতি থাকিলে পরিবাহীতে বৈদ্যুতিক চাপের সৃষ্টি হয় এবং এই পরিবাহী বর্ত্মনী-সংযুক্ত হইলে সেই বর্ত্মনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহ ঘটে।

যদি দুইটি কুণ্ডলীকৃত বর্ত্মনী (১) এবং (২) পাশাপাশি রাখা যায় এবং একটি বর্ত্মনীর (২) ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ-প্রবাহিত করা হয় এবং দুইটি বর্ত্মনীর মধ্যে আপেক্ষিক গতি থাকে, তাহা হইলে ১নং বর্ত্মনীতে বৈদ্যুতিক চাপের উদ্ভব ঘটে। কুণ্ডলীকৃত পরিবাহীদ্বয়কে স্থির রাখিয়া

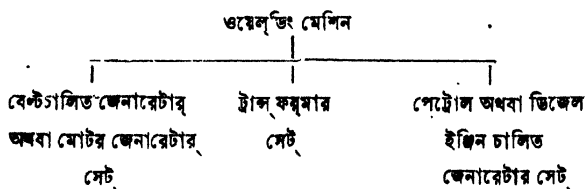
যদি ২নং বর্ত্মনীতে বিদ্যুৎ-প্রবাহের তারতম্য ঘটানো যন্ত্র অথবা বারবার বর্ত্মনীকে যুক্ত (close) এবং বিযুক্ত (open) করা হয়, তাহা হইলেও ১নং বর্ত্মনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের সৃষ্টি হইবে। ইহাকে মিউচুয়্যাল ইন্‌ডাকসন্ (Mutual induction) বলে।

চিত্র নং—৩'৫-৩ মিউচুয়্যাল্ ইন্‌ডাক্‌সন

যদি এমন হয় যে, একটি কুণ্ডলীকৃত তারের বর্ত্মনীতে বিদ্যুৎ প্রবাহের তারতম্য ঘটে. অথবা বর্ত্মনীটি কখনও যুক্ত (close) কখনও বিযুক্ত (open) হয়, তবে তাহার জন্য পরিবাহীতে চুম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি-জনিত বিদ্যুৎ-চাপের সৃষ্টি হয়। এই বিদ্যুৎ-চাপকে সেল্‌ফ্ ইনডিউসৃড (self-induced) বিদ্যুৎ-চাপ (e. m. f.) বলা হয়।

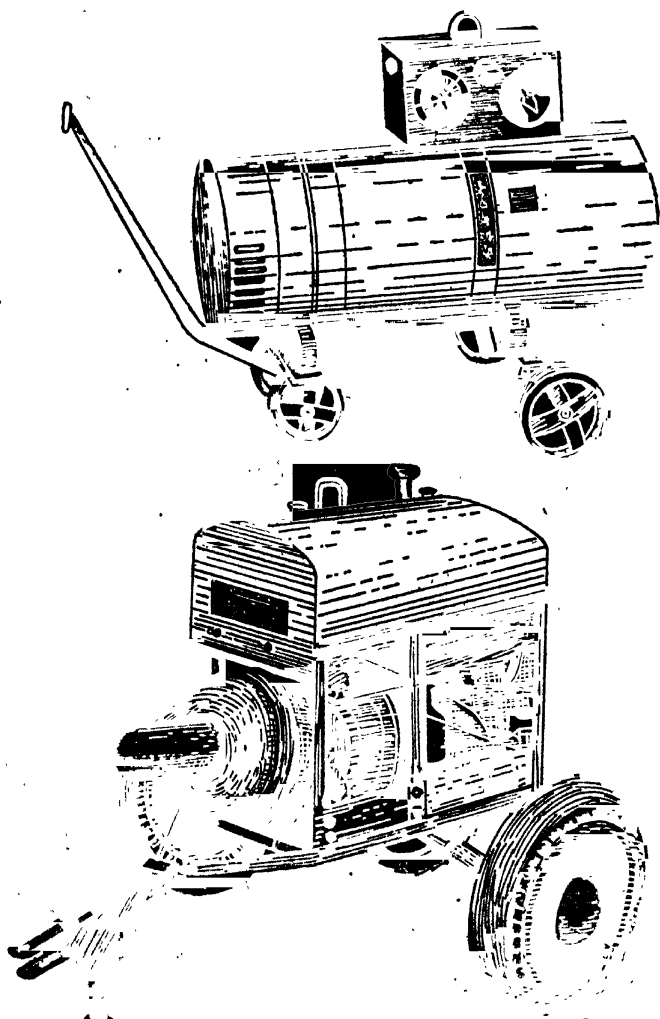
উপরোক্ত সূত্রসমূহের উপর ভিত্তি করিয়া জেনারেটার, অল্‌টার্‌নেটার, মোটর এবং ট্রান্সফর্‌মার ইত্যাদির সৃষ্টি হইয়াছে।

চতুর্থ অধ্যায়

আর্ক ওয়েলডিং মেশিন ও যন্ত্রপাতি

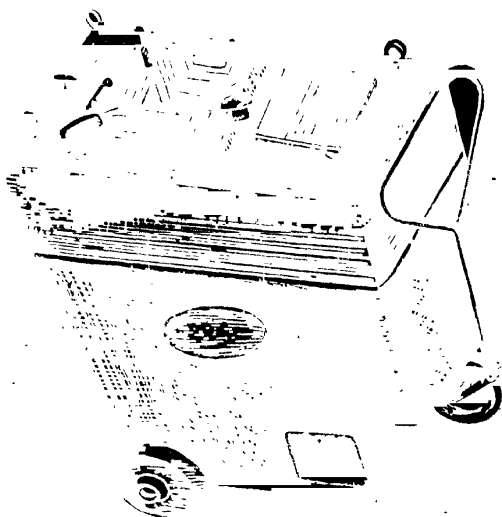
৪·১ ওয়েল্‌ডিং মেশিন

প্রধানতঃ যে প্রকারের বিদ্যুৎ সরবরাহ পাওয়া যাইবে, ওয়েল্ডিং সেট্ও সেই অনুযায়ী নির্দ্ধারিত করিতে হইবে। যদি এ সি. পাওয়া যায়, তবে ট্রান্সফরমার এবং মোটর জেনারেটার সেট্‌ দুইই ব্যবহার করা যায়। বিদ্যুৎ সরবরাহ ডি সি হইলে মোটর জেনারেটার সেটই একমাত্র ব্যবহার করা যায়। বিদ্যুৎ সরবরাহ যদি না থাকে, তবে পেট্রোল অথবা ডিজেল ইঞ্জিন চালিত জেনারেটার সেট্ লইতে হইবে।

কত কার্য্যক্ষমতাসম্পন্ন মেশিন প্রয়োজন, তাহা কাজের ধরণের উপর নির্ভর করে। খুব ভারী কাজের জন্য ডবল অপারেটার্‌ সেট্ (Double operator set) ব্যবহার করা যায়—যাহা সময় সময় বেশী কারেন্টের জন্য প্যারাল্যাল সংযুক্ত করা যায় এবং অপেক্ষাকৃত লঘু কাজের ক্ষেত্রে পৃথকভাবে দুইটি ওয়েল্ডিংএর জন্য একই সময়ে বিদ্যুৎ সরবরাহ করিতে পারে। সাধারণত মাইল্‌ড ষ্টীল (Mild steel) ওয়েল্‌ডিংএর জন্য ট্রান্সফরমার সেট্ অপেক্ষাকৃত কম ব্যয়সাপেক্ষ। কোন কোন ধাতু যেমন এলুমিনিয়াম্‌ এবং মিশ্রধাতু যেমন ষ্টেইন্‌লেস ষ্টীল্‌ (Stainless steel) সাধারণ ভাবে ডি সি. তে উত্তমরূপে ওয়েল্ডিং

৪'০-১ মোটর জেনারেটার সেট্

৪'০-২ ইঞ্জিন চালিত সেট্

করা যায়। এইসব ক্ষেত্রে মোটর-জেনারেটার সেট অথবা ইঞ্জিন-চালিত সেট ব্যবহার অধিকতর যুক্তিসম্মত।

এ. সি. সরবরাহ থাকিলেও সময় সময় ট্রান্সফরমার্ সেট ব্যবহার করা যায় না। ট্রান্সফরমার সেট ব্যবহার করিতে হইলে স্থানীয় বিদ্যুৎ-সরবরাহ কর্তৃপক্ষের অনুমতির প্রয়োজন।

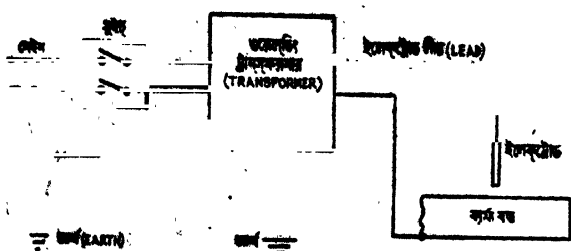
এ. সি. দ্বারা ওয়েল্‌ডিং করিতে আর্কসৃষ্টি করিবার জন্য স্ট্রাইকিং ভোল্টেজ্ (Striking voltage) বা ওপেন্ সার্কিট্ ভোল্টেজ্ (Open circuit voltage) ৬০ হইতে ৮০ ভোল্ট এবং ডি. সি. তে

চিত্র ৪'c-৩ ট্রান্সফরমার্ সেট্

ন্যূনপক্ষে ৪০ ভোল্ট হওয়া দরকার। থ্রি ফেজ্ (Three phase) ওয়েল্‌ডিং ট্রান্সফরমারে সাধারণতঃ ৪০০ ভোল্ট প্রয়োগ করা হয় এবং এই ভোল্টেজ্‌কে কমাইয়া ট্রান্সফরমার্ উপরোক্ত ষ্ট্রাইকিং ভোল্টেজ্ সরবরাহ করে। এই প্রকার ট্রান্সফরমারকে ষ্টেপ্ ডাউন্ Step

down) ট্রান্সফরমার বলা হয়। সর্বোচ্চ কারেণ্ট বিভিন্ন ট্রান্স-ফরমারের জন্য সীমিত।

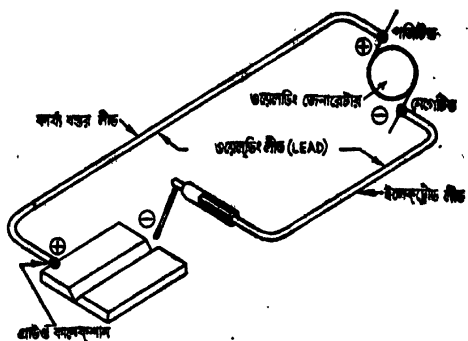
৪'১ আর্ক ভোল্টেজ্ (\rc voltage)

ওয়েল্ডিং-এর সময় আর্কের দুই প্রান্তের মধ্যে বৈদ্যুতিক চাপের ব্যবধানকে আর্ক ভোল্টেজ্ বলে। আর্কের দৈর্ঘ্য ও ইলেক্ট্রোডের প্রকারভেদের উপর আর্ক ভোল্টেজ্ নির্ভর করে। আর্কের দৈর্ঘ্য কমিলে আর্ক ভোল্টেজ্ কমে এবং বাড়িলে বাড়ে।

৪'২ ওয়েল্ডিং বর্ত্মনী (Welding circuit)

চিত্র ৪'২-১ ওয়েল্ডিং বর্ত্মনী

ওয়েল্ডিং করিবার সময় ওয়েল্ডিং সেট্ উপরে অঙ্কিত ৪'২-১নং চিত্রানুসারে মেনলাইন, কার্য্যবস্তু এবং ইলেক্ট্রোড্ সংযুক্ত করিতে হয়।

ডি.সি. ওয়েল্ডিং জেনারেটার সহযোগে নগ্ন অথবা হাল্কা আচ্ছাদন যুক্ত (Light coated) ইলেক্ট্রোড্ দ্বারা ওয়েল্ডিং করিবার সময় কার্য্যবস্তুকে পজিটিভ্ (+) এবং ইলেক্ট্রোড্কে নেগেটিভ্ (–) প্রান্তের সঙ্গে সংযুক্ত করিতে হয়। এই অবস্থাকে স্ট্রেট্ পোলারিটি (Straight polarity) বলে (৪'২-২ নং চিত্র)

চিত্র ৪'২-২ ষ্টেট পোলারিটি ওয়েলডিং বর্ত্মনী

শতকরা ৬০ হতে ৭৫ ভাগ উত্তাপ বর্ত্মনীর পজিটিভ্ প্রান্তে এবং শতকরা ৪০ হইতে ২৫ ভাগ নেগেটিভ্ প্রান্তে উৎপন্ন হয়। যেহেতু কার্যবস্তুর ভর ইলেক্ট্রোডের ভর হইতে বেশী, কার্যবস্তুতে এমন উত্তাপ সৃষ্টি বাঞ্ছনীয়—যাহাতে কার্য্যবস্তু এবং ইলেক্ট্রোড্ একই সঙ্গে গলিত হইতে পারে। সেইজন্য কোন কোন বিশেষ আচ্ছাদনযুক্ত লৌহ ও লৌহতর ইলেকট্রোড্ সহযোগে ওয়েল্ডিং করিবার সময় কার্য্যবস্তুকে নেগেটিভ্ এবং ইলেকট্রোড্‌কে পজিটিভ প্রান্তের সঙ্গে যুক্ত করা হয়। এই অবস্থাকে রিভার্স পোলারিটি (Reverse polarity) বলে। এইরূপ সংযোগের জন্য আধুনিক ওয়েল্ডিং জেনারেটারের প্রায়শঃই রিভার্স পোলারিটি সুইচ থাকে।

এ. সি. সহযোগে ওয়েল্ডিংএর সময় পোলারিটি বলিয়া কোন বস্তু নাই, কারণ সেখানে কারেন্টের প্রবাহ অবিরাম দিক-পরিবর্তনশীল। সেইজন্য এ. সি. মেশিন সর্বপ্রকার ওয়েল্ডিংএর উপযোগী নয়। উদাহরণ স্বরূপ—নগ্ন ইলেকট্রোড্ সহযোগে ওয়েল্ডিং এ. সি. মেশিন দ্বারা হয় না।

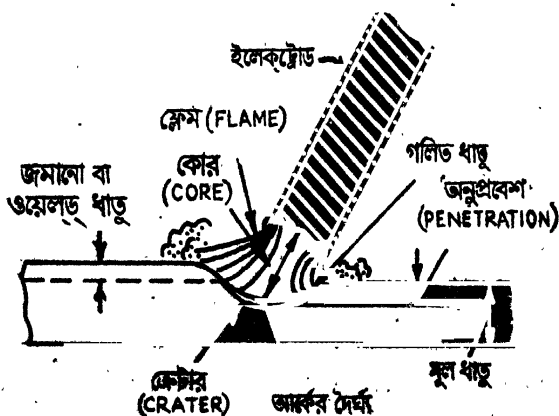
যদি মেশিনে পজিটিভ্ অথবা নেগেটিভ্ পোলারিটি লেখা না থাকে, তবে নিম্নলিখিত উপায়ে তাহা জানা যায়,—

(১) কার্বন ইলেক্ট্রোড্ দ্বারা আর্ক সৃষ্টি করিয়া যদি ইলেক্-ট্রোড্‌কে কার্য্যবস্তু হইতে দূরে সরাইবার সময় খুব সহজভাবে আর্কটিকে সংরক্ষণ করা যায়, তবে বুঝিতে হইবে যে ষ্ট্রেট্ পোলারিটিতে সংযোগ করা হইয়াছে।

(২) এসিড্, এ্যাল্ক্যালি অথবা লবণযুক্ত জলে প্রান্তদ্বয় প্রবেশ করাইলে যে প্রান্তে বেশী গ্যাস উৎপন্ন হয়, তাহা নেগেটিভ্ প্রান্ত বুঝিতে হইবে।

পঞ্চম অধ্যায়

ইলেক্‌ট্রিক্ আর্ক

৫'০ সাধারণতঃ বায়ুর ভিতর দিয়া বিদ্যুৎ প্রবাহিত হইতে পারে না; কিন্তু বৈদ্যুতিক চাপমাত্রা যদি বৃদ্ধি করা যায়, তাহা হইলে

চিত্র ৫'০—১ ইলেক্‌ট্রিক আর্ক

উহা বায়ুর উপাদানকে ভাঙ্গিয়া আয়ন্ (Ion) এবং ইলেক্ট্রন এ

(Electron) পরিণত করিয়া বায়ুস্তরকে বিদ্যুৎবাহী করিয়া তোলে। ইহাকে আয়নাইজেশন্ বলে।

আর্ক ওয়েল্ডিং-এ পূর্ব্ব অঙ্কিত চিত্রানুসারে ইলেক্ট্রোড্ এবং কার্য্যবস্তুকে সংযুক্ত করা হইলে ইলেক্ট্রোড্ হইতে ইলেকট্রন নির্গত হইয়া প্রবলবেগে কার্য্যবস্তুর দিকে ধাবিত হয়। এই ইলেক্ট্রন্গুলি বায়ুর অণু পরমাণুর সঙ্গে ধাক্কা খাইয়া বায়ুকে আয়নাইজ্ করিয়া বিদ্যুৎবাহী করিয়া তোলে। ইহা বর্ত্মনীতে কারেন্টের প্রবাহ অপ্রতিহত রাখে এবং আর্কসংরক্ষণ করে।

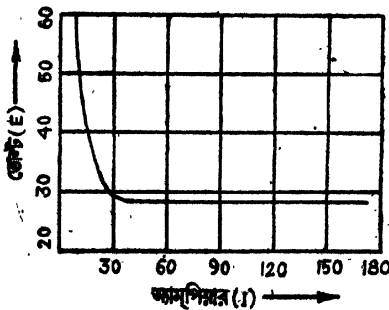
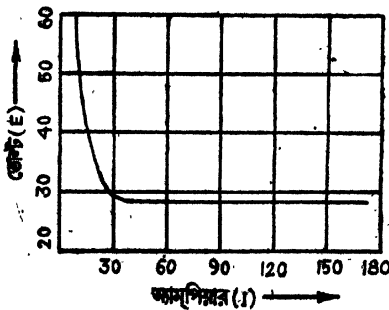
আর্কসংরক্ষণের জন্য একটি নির্দিষ্ট সর্বনিম্ন বৈদ্যুতিক চাপের প্রয়োজন। উহা নিম্নোক্ত কারণগুলির উপর নির্ভর করে,

(১) ইলেক্ট্রোডের ধাতু

(২) আর্কের দৈর্ঘ্য

(৩) ফাঁকে গ্যাসের প্রকৃতি

(৪) কারেন্ট

আর্কের বৈদ্যুতিক চাপ ও কারেন্টের সম্পর্ক নির্দিষ্ট ওয়েল্ডিং মেশিনের ক্ষেত্রে রেখ-চিত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। এই সম্পর্ক বিভিন্ন মেশিনের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী ভিন্ন ভিন্ন হয়।

চিত্র ৫'০২ বৈদ্যুতিক চাপ ও কারেন্টের রেখ-চিত্র

উদাহরণস্বরূপ সেইরূপ একটি রেখচিত্র উপরে দেওয়া হইল। ইহা হইতে বুঝা যায়, এক্ষেত্রে প্রথমে কারেন্ট বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে

ভোল্টেজ্ খুব তাড়াতাড়ি ৩০ ভোল্ট পর্য্যন্ত নামিয়া আসিয়াছে, কিন্তু তারপর আরও কারেণ্ট বাড়িলে ভোল্টেজের পরিমাণ প্রায় একই রহিয়া গিয়াছে।

বৈদ্যুতিক আর্ক অত্যন্ত নমনীয় বিদ্যুৎ পরিবাহক। নানাকারণে ইহা দিগ্‌ভ্রষ্ট্ হইতে পারে। আর্কের পথ সাধারণতঃ ইলেক্‌ট্রোডের দৈর্ঘ্যের বরাবর থাকে। ইহার চারিপাশে যে চুম্বকক্ষেত্রের সৃষ্টি হয়, তাহা আর্ককে বাঁকাইয়া দিতে চেষ্টা করে। ইহাকেআর্ক-ব্লো (Arc-blow) বলে। আর্ক-ব্লো ওয়েল্‌ডিং এর কাজে যথেষ্ট ব্যাঘাত সৃষ্টি করে। ইহার ফলে ঠিক যে জায়গায় গলিত ধাতু পড়া দরকার, সেখানে না পড়িয়া অন্যস্থানে গিয়া পড়ে। বিশেষতঃ যখন বেশী কারেণ্ট সহযোগে ওয়েল্ডিং করা হয়, তখন আর্ক ব্লো ঘটিবার সম্ভাবনা বেশী।

আর্ক ব্লো নিম্নোক্ত উপায়ে কমান যায়,—

(১) আর্কের দৈর্ঘ্য কমাইয়া

(২) কার্য্যবস্তুতে ভূমিসংযোগ (Earthing)—যেখানে ওয়েল্‌ডিং হইতেছে তাহার নিকটে সংযোগ করিয়া

৩) আর্ক ব্লোর দিকে ইলেকট্রোড্ বাঁকাইয়া

(৪) কার্য্যবস্তু ও ইলেক্‌ট্রোডের অন্তর্ভুক্ত কোণ কমাইয়া অথবা বাড়াইয়া

(৫) সম্ভব হইলে মোটা আচ্ছাদনযুক্ত ইলেকট্রোড্ ব্যবহার করিয়া

আর্কের কাছাকাছি লৌহজাতীয় কোন বস্তু থাকিলে উহা আর্ককে নিজের দিকে টানিয়া বাঁকাইয়া দিতে চেষ্টা করে। কোন কোন ক্ষেত্রে ওয়েল্‌ডিংএর সময় যে গরম গ্যাসের সৃষ্টি হয়, তাহাও আর্ককে বাঁকাইয়া দিতে পারে। ইহা খাড়া দেওয়ালে, ছিদ্রের ভিতর এবং বাট্ ওয়েল্‌ডের প্রথম বীডে (Bead) বিশেষভাবে ঘটিয়া থাকে।

(Electron) পরিণত করিয়া বায়ুস্তরকে বিদ্যুৎবাহী করিয়া তোলে। ইহাকে আয়নাইজেশন্ বলে।

আর্ক ওয়েল্ডিং-এ পূর্ব্ব অঙ্কিত চিত্রানুসারে ইলেক্ট্রোড্ এবং কার্য্যবস্তুকে সংযুক্ত করা হইলে ইলেক্ট্রোড্ হইতে ইলেকট্রন নির্গত হইয়া প্রবলবেগে কার্য্যবস্তুর দিকে ধাবিত হয়। এই ইলেক্ট্রন্গুলি বায়ুর অণু পরমাণুর সঙ্গে ধাক্কা খাইয়া বায়ুকে আয়নাইজ্ করিয়া বিদ্যুৎবাহী করিয়া তোলে। ইহা বর্ত্মনীতে কারেণ্টের প্রবাহ অপ্রতিহত রাখে এবং আর্কসংরক্ষণ করে।

আর্কসংরক্ষণের জন্য একটি নির্দিষ্ট সর্বনিম্ন বৈদ্যুতিক চাপের প্রয়োজন। উহা নিম্নোক্ত কারণগুলির উপর নির্ভর করে,

(১) ইলেক্ট্রোডের ধাতু

(২) আর্কের দৈর্ঘ্য

(৩) ফাঁকে গ্যাসের প্রকৃতি

(৪) কারেণ্ট

আর্কের বৈদ্যুতিক চাপ ও কারেণ্টের সম্পর্ক নির্দিষ্ট ওয়েল্ডিং মেশিনের ক্ষেত্রে রেখ-চিত্রের সাহায্যে নির্ণয় করা যায়। এই সম্পর্ক বিভিন্ন মেশিনের বৈশিষ্ট্য অনুযায়ী ভিন্ন ভিন্ন হয়।

চিত্র ৫'০২ বৈদ্যুতিক চাপ ও কারেণ্টের রেখ-চিত্র

উদাহরণস্বরূপ সেইরূপ একটি রেখচিত্র উপরে দেওয়া হইল। ইহা হইতে বুঝা যায়, এক্ষেত্রে প্রথমে কারেণ্ট বাড়ার সঙ্গে সঙ্গে

থাকে। প্রয়োজন অনুসারে ও ক্ষেত্র বিশেষে মূল তার এবং আবিরণের উপাদান বিভিন্ন প্রকারের হয়।

আবরণের উপাদান অত্যন্ত জটিল এবং বিভিন্ন জৈবিক (Organic) ও খনিজ (mineral) পদার্থের সমন্বয়ে প্রস্তুত। প্রত্যেক উপাদান সুনির্দিষ্ট ভাবে কাজ করে—যেমন আর্কের সৃজন, আর্কের স্থায়ীকরণ, ধাতুমল সৃষ্টি ইত্যাদি।

৬.২ আচ্ছাদনের বৈদ্যুতিক কার্য্যকারিতা (Electrical function of coating)

আর্কের অস্তিত্ব এ্যানোড (Anode) ও ক্যাথোডের (Cathode) মধ্যে বায়ুর আয়নায়িত (ionised) অবস্থার উপর নির্ভর করে। কারেন্টের পরিমাণ বাড়িবার সঙ্গে বৈদ্যুতিক প্রতিরোধ কমিয়া যাইবার জন্য আর্ক স্থায়ী হইতে পারে না। সুতরাং আর্কের স্থায়িত্বের জন্য বর্ত্মনীতে প্রতিরোধ (Circuit Resitance অথবা Reactance) দিতে হইবে যাহার দ্বারা কারেন্টের দ্রুত হ্রাস বৃদ্ধি প্রতিহত হয়। নিম্নলিখিত কারণগুলি আর্কের স্থায়িত্বকে প্রভাবিত করে।

(ক) ওপন্ সরকিট ভোল্টেজ—এ. সি. বর্ত্মনীতে (Circuit) বেশী ষ্ট্রাইকিং ভোল্টেজ (Striking voltage) দরকার।

(খ) ধাতুর আয়নায়িত করার ক্ষমতা।

(গ) থার্মো/আয়নিক বিচ্ছুরণ (Thermo-ionic emission)

(ঘ) তাপ পরিবহণ ক্ষমতা।

এ. সি আর্কের জন্য বেশী আয়নায়িত (highly ionised মাধ্যমের প্রয়োজন; সেইজন্য আচ্ছাদনের সোডিয়াম্, পটাশিয়াম্ অথবা ঐ জাতীয় যৌগিক পদার্থ উপাদান হিসাবে অবশ্যই থাকিবে। অন্যান্য উপাদান বিশেষভাবে সিলিকেট (Silicate, কার্বনেট (Carbonate), আয়রন্ অক্সাইড (Iron oxide), টাইটানিয়া (Titania), থোরিয়াম্ (Thorium) ইত্যাদি আর্ক শৃষ্টি ও সংরক্ষণে সাহায্য করে।

৬.৩ । আচ্ছাদনের প্রাকৃতিক কার্য্যকারিতা (Physical function of coating)

বিভিন্ন অবস্থায় ওয়েল্ডিং করিবার সুবিধার জন্য আচ্ছাদনের উপকারিতা আছে। আচ্ছাদনের প্রকার ভেদে ওয়েল্ডিং (welding contour) উত্তল (convex) বা অবতল (concave) হইয়া থাকে। তাহা দুইটি বিষয়ের উপর নির্ভর করে—(ক) আচ্ছাদনের প্রকৃতি—যাহা গলিত ধাতুমলের প্রবাহকে প্রভাবিত করে এবং (খ) আচ্ছাদনের বেধ।

বিভিন্ন অবস্থায় ওয়েল্ডিং করা তখনই সম্ভব যখন আচ্ছাদন-জনিত গ্যাস কিংবা বাষ্প গলিত ধাতুকে আবৃত করিয়া রাখে। গলিত ধাতু-মলকে ওয়েল্ডিং পুলকে ধরিয়া রাখিতে হইবে এবং ইহার জন্য ধাতুমলের "সারফেস্ টেন্সন্" (Surface tension) প্রয়োজন। ওয়েল্ডিং ধাতুকে রক্ষা করার জন্য ধাতুমলের "ভিস্কসিটি" (Viscosity) প্রয়োজন।

অধিকন্তু ধাতুমলের ভিস্কসিটির উপর ধাতু ও ধাতু-মলের পারস্পরিক প্রতিক্রিয়া নির্ভর করে। এই কারণে ধাতু-মল হইতে ম্যাঙ্গানিজ কিংবা অন্য মিশ্রিত ধাতুকে ওয়েল্ড-ধাতুতে স্থানান্তরিত করিতে এবং ওয়েল্ড ধাতু হইতে সালফার (গন্ধক) ও ফস্ফরাস্ দূরীভূত করার জন্য কম ভিস্কসিটি সম্পন্ন ধাতু-মলের সৃষ্টি বাঞ্ছনীয়। এই রকম ধাতুমল বেসিক কোটেড্ (Basic coated) ইলেকট্রোডে পাওয়া যায়।

দ্রষ্টব্য যে, এসিড কোটেড্ (acid coated) ইলেকট্রোড-নিঃসৃত ধাতুমলের ভিস্কসিটি ১২৫০° হইতে ১৩৫০° সেন্টিগ্রেড পর্য্যন্ত বেশী থাকে এবং তাপাঙ্ক বৃদ্ধির সঙ্গে ইহা হ্রাস পায়। এসিড্ ফেল্ড্স্পার (acid feldspar) ভিত্তিক ধাতুমলের ১২০০° সেন্টিগ্রেড্ তাপমাত্রায় ভিস্কসিটি বেশী থাকে কিন্তু তাপমাত্রা আরও সামান্য বৃদ্ধির সঙ্গে সঙ্গে ইহা দ্রুত হ্রাস পায় এবং ১৪০০° সেন্টিগ্রেড তাপমাত্রায় বেসিক্ কোটেড ধাতুমলের পর্য্যায়ে পৌঁছায়।

৬.৪ আচ্ছাদনের ধাতব কার্য্যকারিতা (Metallurgical function of coating) :

আর্ক-স্থিতিকারক ও রাসায়নিক ধাতুমল গঠনের সাহায্যকারী উপাদানসমূহ ছাড়াও আচ্ছাদনে রিডিউসিং এজেন্ট (Reducing agent) এবং উপযুক্ত যৌগিক ধাতু বিদ্যমান। এইসব যৌগিক পদার্থ ওয়েল্ডিং-এর সময় গলিত ধাতুর সহিত মিশিয়া ওয়েল্ডিং-এর শক্তি বৃদ্ধি করে।

ওয়েল্ডিং-এর সময় উৎপন্ন ধাতুমল গলিত ধাতুকে দুই ভাবে রক্ষা করে—বায়ুর সংস্পর্শ হইতে দূরে রাখিয়া অথবা রিডিউসিং গ্যাস (Reducing gas) এর সৃষ্টি করিয়া—যেমন হাই-সেলুলোজ্ ইলেক্ট্রোড্ (High cellulose electrode) এর ক্ষেত্রে হাই-ড্রোজেন উৎপন্ন করিয়া। কোন কোন সময়ে ধাতুমল একই সঙ্গে উপরোক্ত দুই ভাবেই ওয়েল্ডিং ধাতুকে রক্ষা করে—যেমন বেসিক্ কোটেড ইলেক্ট্রোড (Basic coated electrode)।

৬.৫ আচ্ছাদনের শ্রেণীবিন্যাস (Classification of coating)

রাসায়নিক প্রকৃতি ও ধাতুমলের গুণাগুণের উপর ভিত্তি করিয়া আচ্ছাদনকে পাঁচটি প্রধান ভাগে ভাগ করা যায়।

৬.৫.১ অক্সাইড্ কোটিং (Oxide coating)

অক্সাইড্ আচ্ছাদনযুক্ত ইলেক্ট্রোডের আচ্ছাদন নিম্নলিখিত উপাদানগুলির মিশ্রণ—(১) আয়রন্ অক্সাইড্, (২) সিলিকা (Silica), (৩) প্রাকৃতিক সিলিকেট্ (Natural silicates) যেমন কেয়োলিন (Kaoline), ট্যাল্ক (Talc), ফেল্ড্স্পার (Feldspar) ইত্যাদি। এই ধরণের ইলেক্ট্রোড্ সহযোগে ওয়েল্ডিং-এর সময় ওয়েল্ড-ধাতু আচ্ছাদন হইতে প্রচুর পরিমাণে অক্সিজেন, আয়রন অক্সাইড্ এবং নাইট্রোজেনকে নাইট্রাইড (Nitride) রূপে গ্রহণ করে। ওয়েল্ড-

ধাতুতে নাইট্রোজেনের পরিমাণ সাধারণতঃ ০'০৩ হইতে ০'০৪% হয়। সচরাচর যে সব ইলেক্ট্রোড্ ব্যবহৃত হয় তাহা অক্সাইড্ আচ্ছাদনযুক্ত (Oxide coated)। এই ধরণের ইলেক্ট্রোড্ দ্বারা ওয়েল্ডিং কমজোরী কিন্তু দেখিতে ভাল।

৬.৫.২ এসিড কোটিং (Acid coating)

ইহার ভিতর আয়রন অক্সাইড্ ও প্রাকৃতিক সিলিকেট্ ছাড়াও ফেরো এ্যালয় (Ferro-alloy) যেমন ফেরো-ম্যাঙ্গানিজ (Ferro-manganese), ফেরো-সিলিকেট্ (Ferro-silicate), ফেরো-টিটানিয়াম্ (Ferro-titanium) ইত্যাদি রূপে ডি-অক্সিডাইজার (de-oxidiser) ও ডি-নাইট্রাইডার (de-nitrider) বহুল পরিমাণে বিদ্যমান। ইহার ধাতুমলে সাধারণতঃ নিম্নলিখিত পদার্থগুলি থাকে :

(ক) লৌহ সিলিকেট্ (Iron silicate) কিংবা লৌহ ও ম্যাঙ্গানীজের মিশ্র সিলিকেট্।

(খ) লৌহ ও ম্যাঙ্গানীজ অক্সাইড্।

এই ধাতুমল অম্লধর্মী (Acidic)। এইজন্য বেসিক্ অক্সাইড্ (যেমন Mno) ইহাতে দ্রবীভূত হয়। সেই কারণে ধাতুমলে পর্য্যাপ্ত পরিমাণে ম্যাঙ্গানীজ্ থাকে। ম্যাঙ্গানীজ্ থাকার দরুন ধাতুমলের আঠালো ভাব (Viscosity) হ্রাস পায়। ইহাতে ওয়েল্ডিং বীড্ দেখিতে ভাল হয় এবং ইহা ইলেক্ট্রোড্‌কে সর্ব অবস্থানে ওয়েল্ডিং করার উপযোগী করে।

৬.৫.৩ টাইটানিয়াম্ অক্সাইডভিত্তিক আচ্ছাদন (Titanium based coating)

ইহাতে রুটাইল (Rutile) অর্থাৎ শতকরা ৯৫ ভাগ বিশুদ্ধ টাইটানিয়াম্ অক্সাইড্ (TiO_2) অথবা ইল্‌মেনাইট্ (Ilmenite-Iron titanate) থাকে এবং প্রাকৃতিক সিলিকেট ও ফেরো এ্যালয় শোধনকারী উপাদান (Reducing agent) রূপে বিদ্যমান।

ইহার ধাতুমলের অম্লত্ব (acidity) এসিড্ কোটিং-এর ধাতুমলের অম্লত্ব হইতে কম। ইহাতে ওয়েল্ড খুব মজবুত ও দেখিতে সুন্দর হয়। ইহা ছাড়া এই ধরণের ইলেকট্রোড্ সর্ব্বঅবস্থানে ওয়েল্ডিং-এর উপযোগী।

৬.৫.৪. উচ্চ-সেলুলোজ সম্পন্ন আচ্ছাদন (High-cellulose coating)

ইহাতে উদ্বায়ী (volatile) দ্রব্যের যেমন, উড্ অথবা কটন্-সেলুলোজ (wood বা cotton cellulose) এর সঙ্গে রিডিউসিং এজেন্ট রূপে প্রাকৃতিক সিলিকেট্ ও ফেরো-এ্যালয় বিদ্যমান।

ইহাতে ধাতুমলের পরিমাণ কম হয় এবং উৎপন্ন হাইড্রোজেন ওয়েল্ডিং ধাতুকে রক্ষা করে। এইরূপ ইলেকট্রোড্ হইতে সরবরাহিত ধাতু মিহি দানা-যুক্ত হয় এবং প্রায় অক্সিজেন মুক্ত থাকে। পক্ষান্তরে হাইড্রোজেনের পরিমাণ প্রতি ১০০ গ্রাম সরবরাহিত ধাতুতে ১৫ হইতে ২৫ মিলিলিটার হইতে পারে। এই আচ্ছাদনযুক্ত ইলেকট্রোড দ্বারা ওয়েল্ডিং-এর অনুপ্রবেশ (Penetration) বেশী হয়।

৬.৫.৫ বেসিক্ কোটিং (Basic coating)

ইহা ক্যালসিয়াম্ কার্বোনেট্ অথবা ম্যাগনেসিয়াম কার্বোনেট, ফেরোএ্যালয় ও ফ্লুয়োরস্পার, ক্রায়োলাইট্ ফ্লাক্স (flux) এর মিশ্রণ।

এই ধরণের ইলেক্ট্রোড্ দ্বারা ওয়েল্ডিং করিলে সরবরাহিত ধাতু বিশুদ্ধ অবস্থায় থাকে এবং মিহি দানা-যুক্ত হয়। [গড়পড়তা টেনসাইল্ স্ট্রেংথ্ প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে ৫০০০ কিলোগ্রাম হইলে ডাক্‌টিলিটি সাধারণতঃ শতকরা ৩০ ভাগ ও ইম্প্যাক্ট স্ট্রেংথ্ প্রতি বর্গ সেন্টিমিটারে ১৫ হইতে ১৮ কিলোগ্রাম-মিটার হয়।]

৬.৬ ডীপ্ পেনিট্রেশন্ ইলেকট্রোড্ (Deep penetration Electrode)

এই ধরণের ইলেকট্রোড্ দ্বারা প্রাক্-ওয়েল্ডিং প্রস্তুতি ছাড়াই ১৫ কিলোমিটার পর্য্যন্ত মোটা প্লেট (চাদর) দুই পাশ হইতে

নিখুঁতভাবে ওয়েল্ডিং করা যায়। আচ্ছাদন এসিড্, বেসিক্ অথবা রুটাইল্ হইতে পারে। ইহা ছাড়াও আচ্ছাদনে কি সেলুলোজ্ উপাদান থাকে। আচ্ছাদন সাধারণতঃ কোর্-রডের ব্যাস (Core wire diameter) এর অর্দ্ধেক হইয়া থাকে। এইরূপ মোটা আচ্ছাদনের জন্য বেশী কারেন্ট সহযোগে ওয়েল্ডিং করা সম্ভব হয়।

$I = 16d^2$, যেখানে I = অ্যাম্পিয়ারে কারেন্টের পরিমাণ
d = মিলিমিটারে ইলেক্ট্রোডের ব্যাসের মাপ।

এ. সি. বা ডি. সি সহযোগে এই ধরণের ইলেক্ট্রোড্ দ্বারা ওয়েল্ডিং করা যায়। কিন্তু কারেন্টের পরিমাণ বেশী হইলে আর্ক-ব্লো (Arc-blow) কমাইবার জন্য এ. সি. সহযোগে ওয়েল্ডিং করা বাঞ্ছনীয়। এই রকম ওয়েল্ডিং-এ মূল ধাতু নিজেও জোড়া লাগাইবার কাজে লাগে। এই ইলেক্ট্রোড্ সহযোগে সাধারণতঃ লো কার্বন ষ্টীল (low carbon steel) এবং খুব সহজভাবে ওয়েল্ডিং করার উপযোগী ইস্পাতই (easily weldable steel) ওয়েল্ডিং করা হয়।

৬.৭ হাই-ইল্ড্ ইলেক্ট্রোড্ (High yield Electrode)

আচ্ছাদন-প্রকৃতি, ইলেক্ট্রোডের ব্যাস ও কারেন্টের পরিমাণের তারতম্য অনুসারে সাধারণতঃ কোর্-রডের শতকরা ৮০ হইতে ৯৫ ভাগ ধাতু ওয়েল্ডিং-এর জন্য পাওয়া যায়। আচ্ছাদনে লৌহচূর থাকিলে ওয়েল্ডিং করিবার সময় আচ্ছাদনের লৌহচূর ওয়েল্ডি-এ অনুপ্রবেশ করে এবং এই আচ্ছাদন পুরু হইলে সরবরাহিত ধাতুর পরিমাণ বৃদ্ধি পায়, এমন কি ইহা পূর্বোক্ত পরিমাণকে দ্বিগুণিত করিতে পারে।

৬.৮ লো-হাইড্রোজেন্ ইলেক্ট্রোড্ (Low Hydrogen Electrode)

এই ইলেক্ট্রোড্ সহযোগে ওয়েল্ডিং এ হাইড্রোজেন অবরুদ্ধ হয় না—ইহাই এই ইলেক্ট্রোডের বিশেষত্ব।

৬.৯ কয়েকটি জ্ঞাতব্য তথ্য :

ওয়েল্‌ডিং-ভোল্টেজ্‌ ও কারেন্ট প্রধানতঃ নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভরশীল।

(ক) ইলেক্‌ট্রোডের ব্যাস

(খ) আচ্ছাদনের স্থুলত্ব

(গ) আচ্ছাদনের প্রকৃতি

(ঘ) জোড়ের অবস্থিতি

ঙ) কার্য্যবস্তুর বেধ

$$\text{আর্ক ভোল্টেজ} = K + \frac{Ld}{10} \times \frac{I}{s}$$

যেখানে K = ধ্রুবক (constant) যাহা ইলেক্‌ট্রোডের ধাতুর উপর নির্ভরশীল। সাধারণ আয়রণ ইলেক্‌ট্রোডের জন্য ইহা ১২।

L = আর্কের দৈর্ঘ্য (arc length) মিলিমিটারে, সাধারণতঃ ইলেক্‌ট্রোডের ব্যাসের তারতম্য অনুসারে ৩ হইতে ৬ মিলিমিটার।

I = কারেন্ট এ্যাম্‌পিয়ারে।

d = মিলিমিটারে ইলেক্‌ট্রোডের ব্যাস।

s = ইলেক্‌ট্রোডের ছেদ ক্ষেত্রফল (cross section)

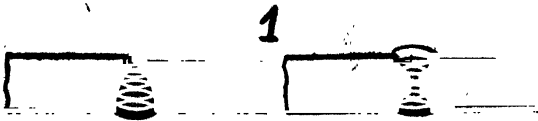
সপ্তম অধ্যায়

আর্ক ওয়েল্‌ডিং টেক্‌নিক্‌

৭.০ ওয়েল্‌ডিংএর সময় আর্কের তাপ সহযোগে জোড়ের মুখকে গলান হয় এবং গলিত ধাতু সরবরাহ করা হয়। এইজন্য শুধু যে সরবরাহিত ধাতুর অবস্থা সম্বন্ধে ওয়াকিবহাল হইতে হইবে তাহা নহে, পরন্তু কার্য্যবস্তুর উপর তাপের প্রভাব সম্পর্কেও সম্যক তথ্য অবগত হওয়া প্রয়োজন। জোড়ার শক্তি সরবরাহিত ধাতুর উপর নির্ভর করে এবং কিয়দংশে কার্য্যবস্তুর উপর নির্ভরশীল। এইজন্য ইলেক্‌ট্রোড হইতে সরবরাহিত ধাতুর শক্তির পরীক্ষার্থে টেন্‌সাইল টেষ্টপিস্‌ (Tensile test piece) ১১. ১.৩ (ক)—১ নম্বর চিত্রানুসারে নির্মিত হয়।

৭.১ জোড়ের শ্রেণী বিভাগ (Types of joint)

কার্য্যক্ষেত্রে ওয়েল্‌ডিং-এর বিভিন্ন রকমের জোড় প্রয়োজন হইতে পারে।

(ক) বাট জয়েণ্ট (Butt joint)

(৩) ইউ—বাট চিত্র নং ৭.১ (ক)

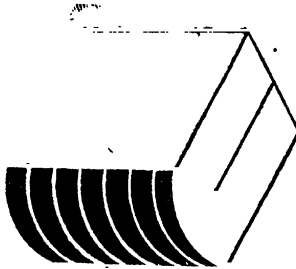
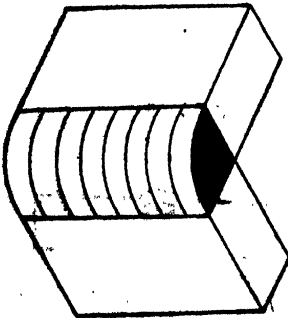
সিঙ্গল ইউ-বাট চিত্র নং ৭.১ (ক) ডবল ইউ-বাট

(খ) ল্যাপ্ জয়েন্ট (Lap joint)

চিত্র নং ৭.-১ (খ) ল্যাপ জয়েন্ট

(গ) ফিলেট্ জয়েন্ট (Fillet joint)—৭.২ (ক) ২-দ্বিতীয় চিত্র দ্রষ্টব্য।

(ঘ) কর্ণার জয়েন্ট (Corner joint)

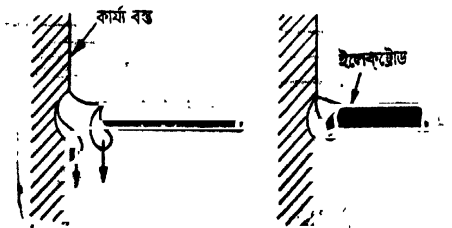
(ঙ) এজ্ জয়েন্ট (Edge joint)

চিত্র নং ৭.১ (ঘ) কর্ণার জয়েন্ট

চিত্র নং ৭. ১(ঙ) এজ্ জয়েন্ট

৭.২ (ক) ওয়েল্‌ডিং কিভাবে সম্পন্ন হইবে সেই অনুসারে ওয়েল্‌ডিংকে নিম্নলিখিত রূপে ভাগ করা যায়।

(১) ভার্টিক্যাল ওয়েল্‌ডিং (Vertical welding)

এই ওয়েল্ডিংয়ে গলিত ধাতু নিচের দিকে গড়াইয়া পড়িতে চায় (ছবি ৭.২ (ক) ১—প্রথম)। সুতরাং ছোট আর্কদ্বারা ওয়েল্‌ডিং করা প্রয়োজন যাহাতে ইলেক্‌ট্রোডের অগ্রভাগ ও কার্য্যবস্তুর উপরিস্থিত গলিত ধাতুর দূরত্ব এমন হয় যে পারস্পরিক আকর্ষণ জোরালো হয় (ছবি ৭.২ (ক) .১ দ্বিতীয়)। ইলেকৃট্রোড্ নিঃসৃত গলিত ধাতুবিন্দু কার্যবস্তুর গাত্রস্থিত ক্রেটারের গলিত ধাতুর সহিত মিলিয়া যায়। ক্রেটার ভরাট হইবার পর অতিরিক্ত গলিত ধাতু নিচে গড়াইয়া পড়ে। ইহা এড়াইবার জন্য ইলেক্‌ট্রোডকে একটু দ্রুত উপরের দিকে চালিত করিতে হইবে। তাহাতে গলিত ধাতু জমাট বাঁধিবার সময় পায়।

ভার্টিক্যাল ওয়েল্‌ডিং নিচে হইতে উপরের দিকে বা উপর হইতে নিচের দিকে করা যায়। নিচে হইতে উপরে ওয়েল্‌ডিংএ সরবরাহিত ধাতু ও অনুপ্রবেশ তুলনামুলকভাবে ভাল হয়।

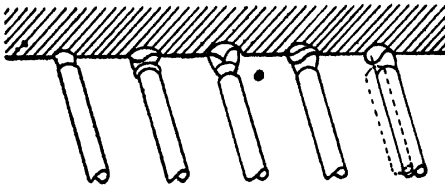
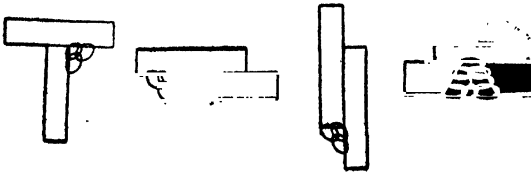
উপর হইতে নিচে ওয়েল্ডিং করিবার সময় যেহেতু গলিত ধাতু মুল ধাতুর অগলিত অংশে গড়াইয়া পড়ে, অনুপ্রবেশ এইক্ষেত্রে কম

প্রথম চিত্র নং ৭.২ (ক) .১ দ্বিতীয়

হয়। ইহা ছাড়াও ওয়েল্‌ডিং-এর গতি এইখানে তুলনামূলকভাবে বেশী এবং ইহার জন্যও অনুপ্রবেশ হ্রাস পায়।

[illegible] ওয়েল্‌ডিং-এ ৪ [illegible] বড় ইলেক্‌ট্রোড ব্যবহার

করা উচিত নয়, কারণ বড় ইলেক্‌ট্রোড সহযোগে ওয়েল্‌ডিং-এ গলিত ধাতুর নিচে পড়া রোধ করা অতীব কষ্টকর।

(২) ওভারহেড্‌ ওয়েল্ডিং (Overhead welding)

ইহা অন্যান্য রকমের ওয়েল্ডিং অপেক্ষা কষ্টসাধ্য। সরবরাহিত গলিত ধাতুকে মাধ্যাকর্ষণের প্রতিকূলে উপরের দিকে যাইতে হয়। এই ওয়েল্ডিংয়েও ছোট আর্ক স্থাপনার একান্ত প্রয়োজন, যাহাতে ইলেক্‌ট্রোডের গলিত অগ্রভাগ উপরে অবস্থিত গলিত ধাতুকে স্পর্শ করিতে পারে। ইহাতে তলটান ও পারস্পরিক আকর্ষণজনিত শক্তি ইলেক্‌ট্রোড হইতে গলিত ধাতু বিন্দুকে জোড়স্থিত গলিত ধাতুর মধ্যে টানিয়া লয়।

চিত্র নং ৭.২ (ক). ২ প্রথম

ফিলেট ল্যাপ বাট্‌

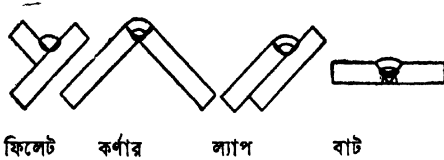
চিত্র নং ৭.২ (ক). ২ দ্বিতীয়

উপরে অঙ্কিত প্রথম চিত্র হইতে কি ভাবে ধাতু বিন্দু সরবরাহিত হইতেছে তাহা বুঝা যাইবে এবং দ্বিতীয় চিত্রতে ওভারহেড ওয়েল্‌ডিংয়ে বিভিন্ন জোড় দেখান হইল।

এই ধরণের ওয়েল্‌ডিং ভালোভাবে করিবার জন্য নিয়মিত

অনুশীলন প্রয়োজন। এই ওয়েল্ডিং এর জন্য ছোট মাপের ইলেকট্রোড কম কারেণ্ট সহযোগে ব্যবহার করা উচিত।

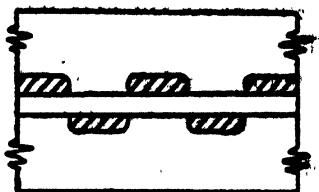
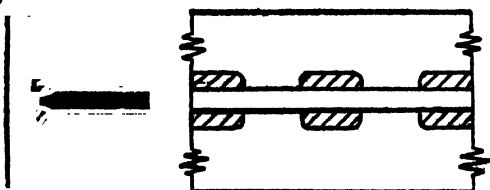
(৩) **ডাউন হ্যাণ্ড ওয়েল্ডিং (Down hand welding)**

ইহাতে ইলেকট্রোড হইতে সরবরাহিত ধাতু সরাসরি নিচে জোড়ে পড়ে বলিয়া ইহা করা সবচেয়ে সহজ (চিত্র নং ৭.২ (ক) ৩)।

চিত্র ৭.২ (ক)—৩

বস্তুত ওয়েল্ডিং করিবার সময় যদি কার্য্যবস্তুকে ডাউন হ্যাণ্ড ওয়েল্ডিং করার জন্য উপযুক্ত অবস্থায় স্থাপনা করা সম্ভব হয়, তাহা হইলে সব সময় তাহাই করা উচিত। ইহাতে ভালো অনুপ্রবেশ সহ উত্তম ওয়েল্ডিং পাওয়া মোটেই কষ্টসাধ্য নয়। এখানে ওয়েল্ডিং রড্ ভূমির সহিত প্রায় লম্বভাবে থাকে।

(৪) **হরাইজনটাল্-ভ্যার্টিক্যাল ওয়েল্ডিং (Horizontal Vertical welding)**

এখানে জোড়ের একবাহু ভূমির সহিত সমান্তরাল এবং অপর বাহু লম্বভাবে থাকে। ইহা ভার্টিক্যাল ও ওভারহেড ওয়েল্ডিং অপেক্ষা অনেক সহজ, কিন্তু ডাউন হ্যাণ্ড ওয়েল্ডিং অপেক্ষা ওয়েল্ডারের দক্ষতা বেশী দাবী করে (চিত্র নং ৭ ৯-১ দ্রষ্টব্য)।

৭.২ (খ) ওয়েল্ডিং একটানা করিয়া গেলে তাহাকে কন্‌টিনিউয়াস (Continuous) ওয়েল্ডিং বলে; ছাড়াছাড়া করিলে ইনটারমিটেণ্ট (Intermittent) ওয়েল্ডিং বলে। এই ছাড়াছাড়া ওয়েল্ডিং-এ ওয়েল্ডের অবস্থান অনুসারে ইহা চেন্ ইন্‌টারমিটেণ্ট (Chain Intermittent) অথবা ষ্ট্যাগার্ড ইনটারমিটেণ্ট (Staggered Intermittent) হইতে পারে।

ষ্ট্যাগার্ড ইন্টারমিটেন্ট

চেন ইন্টারমিটেন্ট

চিত্র নং ৭.২ (খ)—১

আবার এই ছাড়াছাড়া ওয়েল্ডিং শুধুমাত্র যদি কার্য্যবস্তু ধরিয়া রাখিবার জন্য করা হয়, তাহাকে ট্যাক্ ওয়েল্ডিং (Tack welding) বলে।

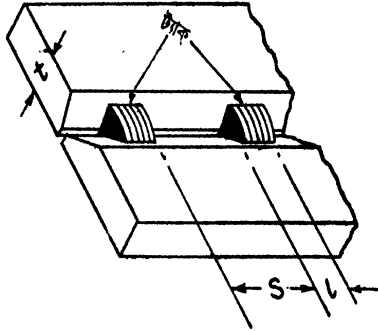
একের অধিক বস্তুকে ওয়েল্ডিং করিয়া জোড়া লাগাইতে হইলে কার্য্যবস্তুগুলিকে প্রয়োজনমত নির্দিষ্টভাবে বসাইতে হইবে। এই রকম ভাবে কার্য্যবস্তুর পারস্পরিক অবস্থানের জন্য উপযুক্ত ফিক্শ্চার বা যোগান প্রয়োজন; এই যোগানেই ওয়েল্ডিং সম্পন্ন করিতে হইবে। সবসময় ঐ রকম যোগানের ব্যবস্থা করা সম্ভব নয়। কারণ যোগান ব্যয়সাধ্য। এইসব ক্ষেত্রে কার্য্যবস্তুগুলিকে সঠিকভাবে সাজাইয়া ছোট রাণে ওয়েল্ডিং করা হয়; ইহা কার্য্যবস্তুকে ধরিয়া রাখে। এই ছোট ছোট রাণের ওয়েল্ডিংকে ট্যাক্ ওয়েল্ডিং বলে। এই ট্যাক্ ওয়েল্ডিংয়ের পরে সম্পূর্ণ ওয়েলডিং করা হয়।

ট্যাক্‌সমূহের পারস্পরিক দূরত্ব মোটামুটি কী রকম হওয়া উচিত সে সম্বন্ধে নিচে একটি সূত্র দেওয়া হইল।

$$S = (100 + 16t) \text{ মিঃ মিঃ}$$

যেখানে S = পরপর যে কোন দুই ট্যাকের দূরত্ব

এবং t = প্লেটের বেধ (মিলিমিটারে)

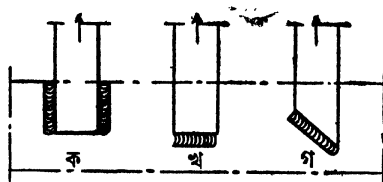
ট্যাকের দৈর্ঘ্য $l = 3t$. মিঃ মিঃ

চিত্র নং ৭.২ (খ)—

যদি কোন প্লেট বাঁকানো থাকে তবে তাহাকে সোজা করিয়া অতিরিক্ত ট্যাকের সাহায্যে বাঞ্ছিত অবস্থায় ধরিয়া রাখা যায়।

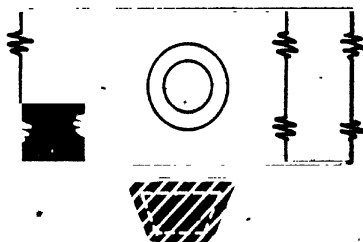
ফিলেট্ ওয়েল্‌ডিংয়ের জন্য জোড় তৈয়ারী করার সময় যেহেতু উভয় পাশেই ট্যাক্ (টাকা) দেওয়া হয়, সেজন্য পারস্পরিক দূরত্ব S সূত্রানুযায়ী মানের দ্বিগুণ পর্য্যন্ত হইতে পারে।

ট্যাক্ দেওয়ার সময় সাধারণতঃ অপেক্ষাকৃত বেশী কারেণ্ট ব্যবহার করা হয়। এইজন্য কার্যবস্তুতে অনুপ্রবেশ ভাল হয় এবং ট্যাকের জোর বাড়ে।

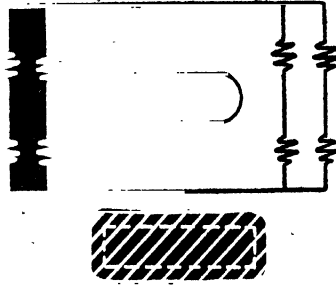
৭.৩ ওয়েল্‌ডিংকে কিভাবে বাহ্যিক শক্তিকে প্রতিহত করিতেছে তাহার উপর নির্ভর করিয়া ওয়েল্‌ডিংকে তিন ভাগে ভাগ করা যায়।

(ক) দৈর্ঘ্যিক (longitudinal)
(খ) আড়াআড়ি (transverse)
(গ) তির্য্যক (oblique)

চিত্র নং ৭.৩

৭.৪ ওয়েল্ডিং-এ ধাতু কীরকমভাবে এবং কী উদ্দেশ্যে সরবরাহ করা হইয়াছে, তাহার উপর ভিত্তি করিয়া ওয়েল্ডিংকে নিম্নলিখিত কয়েক ভাগেও ভাগ করা যায়।

(ক) প্লাগ ওয়েল্ডিং (Plug welding)—প্লেটে ড্রিল করা গর্ত থাকিলে তাহাকে বোজাইবার জন্য যে ওয়েল্ডিং করা হয়, তাহাকে প্লাগ ওয়েল্ডিং বলে।

চিত্র নং ৭.৪ (ক) প্লাগ ওয়েলডিং

(খ) স্লট ওয়েল্ডিং (Slot welding)—কার্য্যবস্তুতে ঘাট থাকিলে তাহা ভরাট করার জন্য স্লট ওয়েল্ডিং করা হয়।

(গ) বীড্ ওয়েলডিং (Bead welding)—কার্য্যবস্তুর উপর একটানা ওয়েল্ডিং করিয়া গেলে তাহাকে বীড্ ওয়েল্ডিং বলে।

চিত্র নং ৭.৪ (খ) স্লট ওয়েল্ডিং

চিত্র নং ৭.৪ (গ) বীড ওয়েল্‌ ডিং

(ঘ) রি-ইনফোর্সিং অথবা প্যাডিং (Padding) ওয়েল্ডিং

কার্য্যবস্তুর উপরিভাগে কতকগুলি সোজা রাণ পর পর দিয়া নতুন পৃষ্ঠদেশ তৈয়ারী করাকেই রি-ইন্‌ফোর্সিং অথবা প্যাডিং ওয়েলডিং বলে। মনে রাখিতে হইবে যে প্রত্যেক রাণের প্রস্থ ও উচ্চতা একই হওয়া উচিত এবং রাণ দিবার সময় দেখিতে হইবে যে পূর্ব্ববর্তী রাণের পার্শ্বদেশ যেন আংশিকভাবে গলিয়া এক হইয়া যায়।

(ঙ) বাটন্‌ (Button) প্যাডিং ওয়েল্ডিং

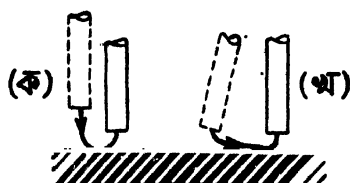
গোলাকার বা বৃত্তের ন্যায় পুনঃ পুনঃ পাশাপাশি রাণ দিয়া তল তৈয়ারী করাকে বাটন প্যাডিং ওয়েল্‌ডিং বলে।

(চ) হার্ডফেসিং (Hard facing)

কার্য্যবস্তুর তলদেশকে সময় সময় কঠিনতর করা দরকার হয়। এই ক্ষেত্রে নরম কার্য্যবস্তুর তলদেশে বিশেষ ইলেক্‌ট্রোড দ্বারা রি-ইনফোর্স ওয়েল্ডিং বা বাটন্‌ প্যাডিং ওয়েল্ডিং সহযোগে নূতন

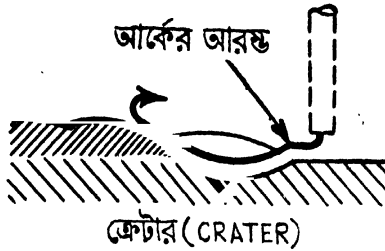
তল তৈয়ারী করা হয়। ইলেক্ট্রোডের উপাদানের উপর নির্ভর করিয়া নূতন সৃষ্ট তলের কাঠিন্য নিরূপিত হয়।

৭.৫ হস্তচালিত ওয়েলডিং-এর টেক্নিক্ বা পদ্ধতি

আর্ক স্থাপনার জন্য আর্ক সুরু করার জায়গাটি ওয়েল্ডার খালি চোখে মোটামুটি ভাবে চিহ্নিত করে ও ইলেকট্রোডকে ঐ জায়গায় আনে। ইলেক্ট্রোড ও কার্য্যবস্তুর মধ্যে যখন দূরত্ব ১০ হইতে ১২ মিলিমিটার, তখন শীল্ডকে চোখ ও কার্য্যবস্তুর মধ্যে ধরিয়া ইলেক্ট্রোডকে কার্য্যবস্তুর সহিত স্পর্শ করিয়াই তৎক্ষণাৎ উহাকে ৪।৫ মিলিমিটার দূরে সরাইয়া নিতে হইবে। ৭'৫—১ নং চিত্রে (ক) ও (খ) দুইটি প্রণালী দেখান হইল।

চিত্র নং ৭'৫—১

ওয়েল্ডিং চলাকালের আর্কের দৈর্ঘ্য ঠিকমত রাখা প্রয়োজন এবং ইহার জন্য ওয়েল্ডিং চলাকালীন ইলেক্ট্রোডকে উপযুক্ত পরিমাণে কার্য্যবস্তুর দিকে চালনা করিতে হইবে।

সাধারণ অবস্থায় ইলেক্ট্রোড পরিবর্তনের সঙ্গে সঙ্গে আবার আর্ক স্থাপনার প্রয়োজন হয়; একই ইলেক্ট্রোডে ওয়েল্ডিং করিবার সময় বারে বারে আর্ক বিচ্ছিন্ন হইয়া গেলে বুঝিতে হইবে যে ইলেক্ট্রোড অনুপযুক্ত কিংবা ভিজা অথবা কারেণ্টের পরিমাণ ঠিক হয় নাই।

আর্কের পুনস্থাপনার সময় ক্রেটারের (Crater) ঠিক আগেই আর্কের সৃষ্টি করিয়া ইলেক্ট্রোডকে ওয়েল্ডিং এর দিকে চালনা করা প্রয়োজন; ইহাতে ক্রেটারের স্থানে ওয়েল্ডিং সম্পন্ন হয়।

চিত্র নং ৭'৫—২ আর্ক পুনস্থাপন

যেখানে আর্ক ছিন্ন হয় সেখানে ক্রেটারের সৃষ্টি হয় এবং ঐ স্থানে সরবরাহিত ধাতু নিম্নমানের হয়। এইজন্য ইলেক্‌ট্রোড সম্পূর্ণরূপে ব্যবহৃত না হওয়া পর্যান্ত আর্ক যাহাতে বিচ্ছিন্ন না হয়, তাহার দিকে লক্ষ্য রাখা সর্বতোভাবে প্রয়োজন।

আর্কের পুনর্স্থাপনার সময় ক্রেটারের স্থানটিকে সম্পূর্ণরূপে বিগলিত করিয়া ওয়েল্‌ডিং করা আবশ্যক। সাধারণতঃ ক্রেটারে ফাটলের সৃষ্টি হয় এবং সেজন্য ক্রেটারটিকে সম্পূর্ণরূপে ওয়েল্‌ড ধাতু দিয়া ভর্ত্তি করিতে হয়।

৭'৬ অনুপ্রবেশ (Penetration)

যথাযথ ওয়েল্‌ডিংএর জন্য কার্যবস্তু ও ইলেক্‌ট্রোড ধাতুর মধ্যে গলিত অবস্থায় সম্পূর্ণরূপে মিশ্রণ প্রয়োজন। সুতরাং কার্য্যবস্তুর তলকে বেশ কিছু গভীরতা পর্য্যন্ত বিগলন করা দরকার। ভাল ওয়েল্‌ডিংএর অনুপ্রবেশের গভীরতা ন্যূনপক্ষে ১'৫ হইতে ২ মিলিমিটার হওয়া আবশ্যক। ওয়েলডিং কারেণ্ট, ইলেক্‌ট্রোডের প্রকৃতি ইত্যাদির উপর নির্ভর করিয়া হস্তকৃত ওয়েলডিংএর ক্ষেত্রে অনুপ্রবেশ ১'৫ হইতে ৫ মিলিমিটার পর্য্যন্ত হইতে পারে। স্বয়ংক্রিয় ওয়েল্‌ডিংএ ইহা ১৫ মিলিমিটার পর্য্যন্তও হইতে পারে। ক্রেটারের গভীরতা হইতে অনুপ্রবেশের পরিমাপ মোটামুটি অনুমান করা যাইতে

পারে। অনুপ্রবেশ পরিমাণ সাধারণতঃ ক্রেটারের গভীরতা হইতে ১ কিংবা ২ মিলিমিটার বেশী।

অনুপ্রবেশ সাধারণতঃ আর্কসৃষ্ট উত্তাপের উপর নির্ভরশীল; আবার এই উত্তাপ ওয়েল্ডিং কারেণ্টের উপর নির্ভরশীল। নিম্ন চিত্রে একটি ওয়েল্‌ডিংযুক্ত প্লেটের ছেদ ক্ষেত্রফল দেওয়া হইল। ইহাতে তিন রকমের ওয়েলডিং বীড্‌ পরিলক্ষিত হইবে ; (ক) যথোপযুক্ত কারেণ্ট সহযোগে ওয়েলডিং বীড্‌ (খ) অতি অল্প পরিমাণ কারেণ্ট সহযোগে ওয়েলডিং বীড্‌ এবং (গ) মাত্রাধিক কারেণ্ট সহযোগে ওয়েলডিং বীড।

চিত্র নং ৭৬

(ক) বীডে ওয়েলডিং পার্শ্বদ্বয় স্বচ্ছন্দগতিতে কার্য্যবস্তুর সহিত মিলিত হইয়াছে। বীড তলদেশস্থ কার্য্যবস্তুর সহিত একত্রিত হইয়া ভাল ওয়েলডিংএর সৃষ্টি করিয়াছে।

(খ) বীডে অনুপ্রবেশের অভাব পরিলক্ষণীয়। এখানে বীড শুধুমাত্র মধ্যস্থলে তলদেশস্থ কার্য্যবস্তুর সহিত সম্মিলিত হইয়াছে। এইরূপ ওয়েলডিং করা জোড় দুর্ব্বল।

(গ) বীডে মাত্রাধিক কারেণ্ট সহযোগে ওয়েলডিংএর জন্য আর্ক সৃষ্ট ক্রেটার সরবরাহিত ধাতুর দ্বারা পরিপূরিত হয় নাই! এইরূপ ওয়েলডিংএ দুই পার্শ্বস্থ ক্রেটারের অবস্থানবশতঃ মূলধাতুর বেধ হ্রাস হইয়া কার্য্যবস্তুকে দুর্বল করিয়া দিয়াছে। দুই পাশের এই অপরিপূরিত স্থানকে আণ্ডার-কাট (Undercut) বলে। এই আণ্ডার-কাট কার্য্যকালে ফাটল সৃষ্টির সাহায্য করে।

৭·৭ নিম্নলিখিত সূত্র মোটামুটি ওয়েলডিং কারেণ্টের পরিমাণ সম্বন্ধে নির্দেশ দিতে পারে।

$$I = (40 \text{ to } 60) \times d$$

যেখানে I = অ্যামপিয়ারে ওয়েলডিং কারেণ্ট

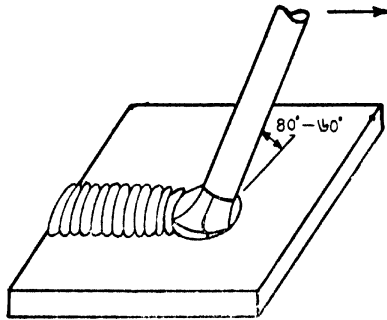
এবং d = মিলিমিটারে ইলেক্ট্রোডের ব্যাস।

পাতলা আচ্ছাদনযুক্ত ইলেকট্রোড সহযোগে ওয়েলডিং-এ স্বল্পতর কারেণ্টের প্রয়োজন। অবশ্য ওয়েলডিং-কারেণ্ট মূল ধাতুর আয়তন, ওয়েলডিংএর জোড়ের অবস্থান ইত্যাদির উপরও নির্ভরশীল। ওয়েলডিং কারেণ্ট সম্বন্ধে নির্দেশ ইলেকট্রোডপ্রস্তুতকারকেরা দিয়া থাকেন।

কোন কার্য্যবস্তু ওয়েলডিং করিবার জন্য সর্বাপেক্ষা অনুকূল কারেণ্টের পরিমাণ পরীক্ষা-নিরীক্ষাপূর্বক ওয়েলডিংএর বাহ্যিক আকৃতিও ক্রেটারের সাহায্যে নিরূপন করা যায়! কার্য্যবস্তুর আয়তন ও ইলেক্ট্রোডের মাপ বৃদ্ধির সাথে সাথে ওয়েলডিং কারেণ্ট বাড়াইতে হয়।

কার্য্যবস্তুর পরিপ্রেক্ষিতে ইলেক্ট্রোড নির্দ্ধারণ প্রয়োজন। ইলেকট্রোডের আচ্ছাদন সম্পর্কে আলোচনা ষষ্ঠ অধ্যায়ে করা হইয়াছে। ইলেক্‌ট্রোডের মাপ এমন হওয়া বাঞ্ছনীয় যাহাতে আর্কসৃষ্টিকালীন কারেণ্টজনিত উত্তাপ কার্য্যবস্তুর উপর প্রতিকূল প্রভাব বিস্তার না করে। স্বল্প বেধযুক্ত প্লেটে উত্তাপ যেন ছিদ্রের সৃষ্টি না করে এবং মোটা প্লেটে ওয়েলডিংএর সময় উত্তাপ যেন মূল ধাতুকে তরলীকৃত করিতে পারে। ইহা সর্বদা মনে রাখিতে হইবে—যে কোন ইলেকট্রোডের জন্য সর্বোচ্চ ও সর্বনিম্ন কারেণ্টের পরিমাণ সীমিত।

৭·৮ ইলেক্ট্রোড্ চালনভঙ্গি

হস্তকৃত ওয়েলডিংএর ক্ষেত্রে ইলেকট্রোডকে সাধারণতঃ তিনভাবে চালনা করা হয়।

চিত্র নং ৭.৮ ইলেক্‌ট্রোড চালন-ভঙ্গি

(ক) ইলেক্‌ট্রোডের প্রান্ত হইতে ধাতু গলিত হওয়ার দরুণ ইলেক্‌ট্রোডকে ক্রমাগত ধীরে ধীরে জোড়ের দিকে চালনা করিতে হয়। ইহার সঠিক পরিমাণ ওয়েলডারের জানা থাকা আবশ্যক। ইলেক্‌ট্রোড হইতে যতটা ধাতু গলিত হয় তাহা অপেক্ষা এই চালনার হার যদি কম হয় তবে আর্কের দৈর্ঘ্য বাড়িয়া যায় এবং আর্ক হয়তো ছিন্ন হইতে পারে, গতির হার বেশী হইলে ইলেক্‌ট্রোড কার্য্যবস্তুর সঙ্গে আটকাইয়া যাইতে পারে। আর্কের দৈর্ঘ্য যতদূর সম্ভব কম হওয়া প্রয়োজন এবং সেই সঙ্গে লক্ষ্য রাখিতে হইবে ইলেক্‌ট্রোড যেন আটকাইয়া না যায়।

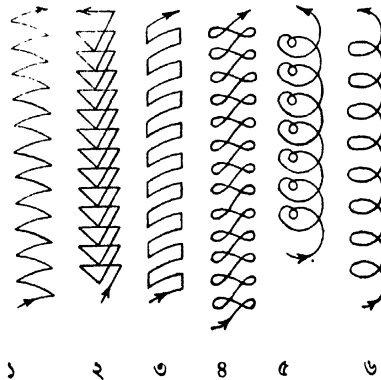
(খ) জোড় বরাবর ইলেকট্রোডের অগ্রগমন—এই অগ্রগমনের হার ওয়েলডিং কারেণ্ট, ইলেকট্রোডের মাপ এবং ওয়েলডিংএর পদ্ধতির উপর নির্ভর করে এবং ইহা ওয়েলডের উৎকর্ষতাকে বিশেষভাবে প্রভাবিত করে। ইলেকট্রোডের অগ্রগমন বেশী দ্রুত হইলে মূলধাতু গলিত হইবার প্রয়োজনীয় সময় পায় না এবং ঠিকমত অনুপ্রবেশ হয় না। অধিকন্তু ইহাতে অল্প ছেদক্ষেত্র বিশিষ্ট নীচু বীডের সৃষ্টি হয়। অগ্রগমন বেশী ধীরে হইলে গলিত ধাতুর স্তূপ (bead) মোটা হয়। ইহাতে ইলেকট্রোড ও বিদ্যুৎ শক্তির অপচয় ঘটে এবং ইহাতে

ওয়েলডিং করিতে সময় বেশী লাগে ; ধাতুও অত্যধিক উত্তপ্ত হয়। যদি ইলেকট্রোডের অগ্রগমনের গতির হার ঠিক হয় তবে গলিত ধাতুর স্তূপ জোড়া বরাবর একই রকম হয়।

ইলেকট্রোডকে এদিক সেদিক চালনা না করিয়া ওয়েলডিং করিলে সাধারণতঃ ওয়েলডিং বীড ইলেকট্রোডের মাপ অপেক্ষা ১।২ মিলিমিটার বেশী হয়। ইহাকে স্ট্রীং (string) ওয়েলডিং বলে।

(গ) ওয়েলডিং যে দিকে হইতেছে তাহার আড়াআড়ি ভাবে ইলেকট্রোড চালনার গতি—ইলেকট্রোডের এই চালন ভঙ্গি (weaving) প্রশস্ত বীড-সৃষ্টির জন্য ব্যবহৃত হয়। এই চালন ভঙ্গি বাট ও ফিলেট্ ওয়েলডিংএ বহুল প্রচলিত।

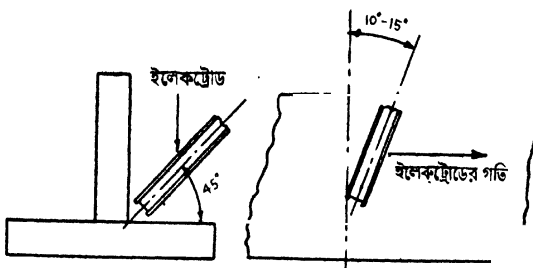
ক্ষেত্রবিশেষে ইলেক্ট্রোডের চালন ভঙ্গি বিভিন্ন রকমের হয়।

চিত্র নং ৭·৮—গ

উপরি-অঙ্কিত (১) ও (২) চিত্রানুযায়ী ইলেক্ট্রোড চালন ভঙ্গি বাট্ ওয়েলডিংএ সমধিক ব্যবহৃত। ফিলেট্ ওয়েলডিংএর ক্ষেত্রে (২) ও (৩) চিত্রানুযায়ী ইলেক্ট্রোড চালন অধিকতর উপযোগী।

(৪) চিত্রানুযায়ী চালন ভঙ্গী সেখানেই ব্যবহৃত হয় যেখানে ওয়েলডিং-এর মধ্যভাগে বেশী তাপ প্রয়োগ করিতে হইবে। (৫) ও (৬) চিত্রানুযায়ী চালন ভঙ্গী মোটা প্লেটের ক্ষেত্রে ব্যবহৃত হয়।

বীডের প্রসার সাধারণতঃ ইলেক্ট্রোডের মাপের আড়াই গুণের বেশী হয় না। বীডের প্রসার জোড় বরাবর একই রাখিবার জন্য ইলেক্ট্রোডের চালন ভঙ্গী প্রথম হইতে শেষ পর্য্যন্ত একই রাখিতে হইবে।

৭.৯ ইলেক্ট্রোড্ ধরিবার নিয়ম

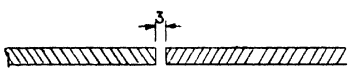
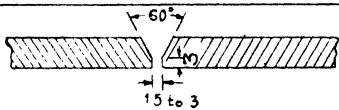
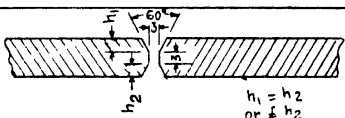
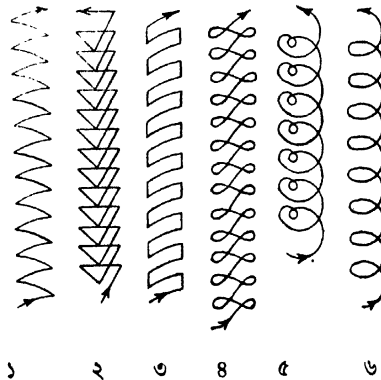
ইলেক্ট্রোডকে এমনভাবে ধরিতে হইবে যাহাতে ওয়েলডার ওয়েলডিংয়ের জায়গাটি পরিষ্কারভাবে দেখিতে পায় এবং আর্কজনিত তাপ কার্য্যবস্তুকে সমভাবে গলিত করে। সমবেধযুক্ত প্লেটে হরাইজন্ট্যাল-ভারটিকাল ফিলেট ওয়েলডিংএর ক্ষেত্রে ইলেক্ট্রোড তলার প্লেটের সঙ্গে ৪৫° কোণ করিয়া ওয়েলডিংএর গতির দিকে ১০°—১৫° হেলাইয়া ধরিতে হয়।

চিত্র নং ৭.৯—১

যদি তলার প্লেটে অধিক বেধ কিংবা অধিক আয়তনের জন্য উত্তাপ সঞ্চালন ক্ষমতা বেশী হয়, তবে উপরি উক্ত ৪৫° কোণকে বাড়াইতে হইবে যাহাতে আর্কহেতু অধিক উত্তাপ তলার প্লেটে চালিত হয়।

ওয়েলডিং করিতে সময় বেশী লাগে ; ধাতুও অত্যধিক উত্তপ্ত হয়। যদি ইলেকট্রোডের অগ্রগমনের গতির হার ঠিক হয় তবে গলিত ধাতুর স্তূপ জোড়া বরাবর একই রকম হয়।

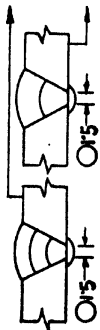
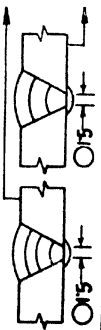
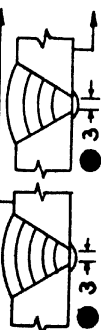
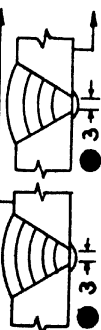
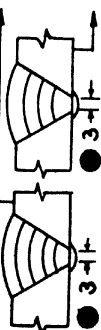
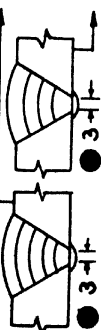
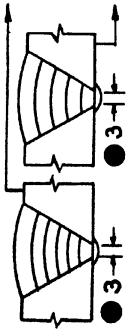
ইলেকট্রোডকে এদিক সেদিক চালনা না করিয়া ওয়েলডিং করিলে সাধারণতঃ ওয়েলডিং বীড ইলেকট্রোডের মাপ অপেক্ষা ১।২ মিলিমিটার বেশী হয়। ইহাকে স্ট্রীং (string) ওয়েলডিং বলে।

(গ) ওয়েলডিং যে দিকে হইতেছে তাহার আড়াআড়ি ভাবে ইলেকট্রোড চালনার গতি—ইলেকট্রোডের এই চালন ভঙ্গি (weaving) প্রশস্ত বীড-সৃষ্টির জন্য ব্যবহৃত হয়। এই চালন ভঙ্গি বাট ও ফিলেট্ ওয়েলডিংএ বহুল প্রচলিত।

ক্ষেত্রবিশেষে ইলেক্ট্রোডের চালন ভঙ্গি বিভিন্ন রকমের হয়।

চিত্র নং ৭'৮—গ

উপরি-অঙ্কিত (১) ও (২) চিত্রানুযায়ী ইলেক্ট্রোড চালন ভঙ্গি বাট্ ওয়েলডিংএ সমধিক ব্যবহৃত। ফিলেট্ ওয়েলডিংএর ক্ষেত্রে (২) ও (৩) চিত্রানুযায়ী ইলেক্ট্রোড চালন অধিকতর উপযোগী।

করিলে ভাল ফল পাওয়া যায়। কিন্তু সাধারণ হস্তকৃত ওয়েল্ডিংয়ের ক্ষেত্রে কারেন্টের মাত্রা যেহেতু তত বেশী নয় সেই হেতু জোড়ের পরিচ্ছন্নতার জন্য এত বেশী সতর্কতার প্রয়োজন নাই।

ইতিপূর্বে বিভিন্ন প্রকার জোড়ের কথা আলোচিত হইয়াছে। নিম্নের তালিকা হইতে বাট জয়েন্টের জোড় প্রস্তুতির (হস্তকৃত ওয়েল্ডিংয়ের জন্য) বিভিন্ন মাপ পাওয়া হইল।

প্লেটের বেধ	জোড়ের নাম	জোড় প্রস্তুতি
৩ মি মি পর্যন্ত	স্কোয়ার বাট	3
৩ মি মি হইতে 12 মি মি পর্যন্ত	সিংগল ভি-বাট	60° 3 15 to 3
12 মি মি অথবা বেশী	ডাবল ভি-বাট	60° 3 h1 h2 3 $h_1 = h_2$ or $\neq h_2$

চিত্র নং ৭'১০

৭'১১ নিম্নে কতকগুলি তালিকা দেওয়া হইল; যাহা হইতে বিভিন্ন ক্ষেত্রে ওয়েল্ডিংয়ের জন্য জোড়ের প্রস্তুতিকরণ, রাণ সংখ্যা, ইলেকট্রোডের মাপ, ইলেকট্রোড প্রতি রাণ সংখ্যা এবং মোটামুটি ওয়েল্ডিং কারেন্ট সম্বন্ধে ধারণা পাওয়া যাইবে।

তালিকা ৭'১১—প্রথম

প্লেটের বেধ মিলিমিটারে ১	মাপ দেওয়া না থাকিলে 60° ভি-প্রস্তুতি বুঝিতে হইবে। ২	রাণ সংখ্যা ৩	ইলেকট্রোডের মাপ মিলিমিটারে ৪	প্রতি ইলেকট্রোড্ হইতে ওয়েল্ডের দৈর্ঘ্য মিলিমিটারে ৫	ওয়েল্ডিং কারেণ্ট এ্যাম্পিয়ারে ৬
	প্লেট প্রস্তুতি				
3	1·5	2	4	525	170
		1	4	360	170
4·5	1·5	1	3·25	375	120
		1	3·25	275	120
		1	3·25	375	100
		1	4	410	170
6	1·5	1	3·25	375	100
		1	4	225	170
		1	3·25	375	100
		1	5	300	210

১	২	৩	৪	৫	৬
8	○1·5 ○1·5	1 2	3·25 4	300 300	100 170
		1 1	3·25 5	300 200	100 210
10	○1·5 ○1·5	1 3	3·25 4	300 300	100 170
		1 2	3·25 5	300 300	100 210
12	● 3 ● 3	3 2	4 4	300 175	150 170
		1 1 2	4 5 5	300 300} 225}	125 210

১	২	৩	৪	৫	৬
15	● 3 ● 3	1 3 1 1	4 4 4 4	300 225 150 125	150 170
		1 1 1 1 1	4 5 5 5 5	300 300 250 150 135	150 210
○	সিলিং (Sealing) রাণের প্রতীক	1	3·25	410	120
●		1	4	410	170
□		1	5	410	210
■		1	6	300	340

১	২	৩	৪	৫	৬
18		1	4	300	150
		1	5	300	
		1	5	250	
		1	5	225	210
		2	5	150	
		1	4	300	150
		2	6	300	
		2	6	150	250
		1	6	400	340
		1	5	400	240
		2	6	300	340
		2	6	225	340
		1	6	500	240
		8	6	300	340
		2	6	400	200
		2	8	300	560
		1	6	500	240
		5	8	300	560

১	২	৩	৪	৫	৬
20	□ 3	1	5	300	190
		3	6	300	300
		1	6	225	
		2	6	150	
		1	6	100	
	□ 3	1	5	300	190
		2	6	300	300
		3	6	200	
		1	6	150	
	3	1	6	475	340
		1	5	400	240
		2	6	300	340
		2	6	200	340
	3	2	6	375	200
		2	8	300	560
		2	8	400	560
	■ 3, 4·5R, 10°, 3	1	6	500	240
		9	6	300	340
	■ 3, 4·5R, 10°, 3	1	6	500	240
		6	8	300	560

১	২	৩	৪	৫	৬
25		1	5	300	190
		5	6	300	300
		2	6	150	300
		1	6	300	190
		2	8	300	430
		1	8	275	
		2	8	200	
		1	6	400	240
		1	5	500	240
		4	6	300	340
		2	6	225	340
		2	5	375	200
		4	8	300	560
		1	6	500	240
		10	6	300	340
		1	6	500	240
		7	8	300	·560

তালিকা ৭·১১—দ্বিতীয়

ফিলেটের মাপ মি. মি.	থ্রোট মি. মি.	রান সংখ্যা	ইলেকট্রোডের মাপ মি. মি.	প্রতি ইলেকট্রোড হইতে ওয়েল্ডের দৈর্ঘ্য মি. মি	ওয়েল্ডিং কারেন্ট অ্যাম্পীয়ার
3	2·12	1	3·25	400	120
		1	4	650	170
5	3·54	1	3·25	200	120
		1	4	250	170
		1	5	550	210
6	4·24	1	3·25	300	120
		1	3·25	150	150
		2	4	300	170
		1	5	300	210
		1	6	450	250
8	5·66	2	3·25	300	120
		1	3·25	150	120
		2	4	300	170
		1	4	550	170
		2	5	300	210
		1	6	325	250

ফিলেটের মাপ মি. মি.	থ্রোট মি. মি.	রান সংখ্যা	ইলেকট্রোডের মাপ মি. মি.	প্রতি ইলেকট্রোড হইতে ওয়েল্ডের দৈর্ঘ্য মি. মি.	ওয়েল্ডিং কারেন্ট অ্যাম্পীয়ার
10	7·1	1	3·25	300	120
		2	3·25	150	120
		1	4	300	170
		1	4	150	170
		1	5	300	210
		1	5	225	210
		1	6	200	250
12	8·5	1	4	300	170
		2	4	150	170
		3	5	300	210
		1	5	475	210
		2	6	300	250
		1	6	600	250
15	10·6	1	4	225	170
		3	4	150	170
		1	5	225	210
		2	5	150	210
		2	6	300	250
		1	6	200	250
18	12·7	1	4	300	170
		3	4	150	170
		1	4	100	170
		1	5	225	210
		3	5	150	210
		1	6	225	250
		2	6	150	250

ফিলেটের মাপ মি. মি.	থ্রোট মি. মি.	রান সংখ্যা	ইলেকট্রোডের মাপ মি. মি.	প্রতি ইলেকট্রোড হইতে ওয়েল্ডের দৈর্ঘ্য মি. মি.	ওয়েল্ডিং কারেন্ট অ্যাম্পীয়ার
20	14·2	1	4	300	170
		7	4	150	170
		2	5	300	210
		4	5	150	210
		1	6	300	250
		3	6	150	250
25	17·7	1	4	300	170
		10	4	150	170
		2	5	300	210
		6	5	150	210
		2	6	300	250
		4	6	150	250

অষ্টম অধ্যায়

ওয়েলল্ডিং সম্বন্ধীয় ধাতুবিদ্যা (Welding metallurgy)

৮·০ আর্ক যখন ধাতুকে গলায় তখন যে ধাতব প্রক্রিয়া ঘটে, তাহা ওপেন-হার্থ ফারনেস্, বেসিমার কন্‌ভারটার ও ইলেক্‌ট্রিক ফারনেসের প্রক্রিয়া হইতে কিছুটা আলাদা।

আর্ক ওয়েল্ডিংএ গলিত ধাতু কয়েক সেকেণ্ডের মধ্যে জমিয়া কঠিন হইয়া যায়। তাপের উৎসের এবং তরল ধাতুর তাপমাত্রা ইস্পাতের গলনাঙ্ক অপেক্ষা অনেক বেশী।

সরবরাহিত ধাতু দ্রুত ঠাণ্ডা হওয়ার দরুণ, গলিত ধাতু ও ধাতুমলের মধ্যে রাসায়নিক প্রক্রিয়া সমাপ্ত হইবার সময় পায় না। আর্কের চারিপাশে অত্যধিক তাপমাত্রার জন্য কিছু পরিমাণ অক্সিজেন ও নাইট্রোজেন পরমাণুতে বিভাজিত হয়। এই বিভাজিত পরমাণবিক গ্যাসীয় উপাদান সাধারণ অবস্থা অপেক্ষা গলিত ধাতুর সহিত দ্রুততর ভাবে রাসায়নিক প্রতিক্রিয়ার অনুকূল। লৌহ অক্সিজেনের সংযোগে ফেরাস্ অক্সাইডে পরিণত হয়। এই হেতু আর্ক ওয়েল্ডিংএ ওয়েল্ড ধাতুতে শতকরা 0·2 হইতে 0·3 ভাগ পর্যন্ত অক্সিজেন থাকিতে পারে। অধিক অক্সিজেন ধাতুর মেকানিক্যাল শক্তির এবং বিশেষভাবে আঘাত সহনশীলতার (Impact strength) উপর বিরূপ প্রতিক্রিয়ার সৃষ্টি করে।

ওয়েল্ড ধাতুতে অক্সিজেনের পরিমাণের অস্তিত্ব নিম্নলিখিত কারণগুলির উপর নির্ভর করে ;

(ক) আর্কের দৈর্ঘ্য :—আর্কের দৈর্ঘ্য যত বেশী, অক্সিজেনের পরিমাণ তত বেশী।

(খ) ওয়েল্ডিং কারেণ্ট :—ওয়েল্ডিং কারেণ্ট যত বেশী অক্সিজেনের পরিমাণ তত বেশী।

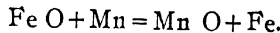
(গ) ইলেক্‌ট্রোডের আচ্ছাদনের প্রকৃতি।

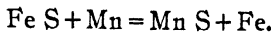
আর্ক ওয়েল্ডিং-এ নাইট্রোজেনের পরিমাণ ওয়েল্ড-ধাতুতে শতকরা ০'১৮ ভাগ অবধি হইতে পারে, যেখানে মূলধাতুতে ইহার পরিমাণ শতকরা ০'০০১ হয়।

নাইট্রোজেনের পরিমাণ বাড়ানোর সঙ্গে সঙ্গে ওয়েল্ড্ ধাতুর শক্তি ও কাঠিন্য বৃদ্ধি পায়, কিন্তু আঘাত-সহনশীলতা (Impact strength) হ্রাস পায়।

৮'১ সরবরাহিত ধাতুর বিশুদ্ধিকরণ :

ইলেক্‌ট্রোডের আচ্ছাদন গলিত ধাতুকে শুধুই যে বায়ুমণ্ডলের প্রভাব হইতেই রক্ষা করে তাহা নহে, পরন্তু আংশিকভাবে গলিতধাতু হইতে অক্সিজেন নিষ্কাষিত করে—ইহা আচ্ছাদন-স্থিত অক্সিজেন নিষ্কাসক্ (de-oxidizer) এর জন্য সংগঠিত হয়। গলিত ধাতুর অক্সিজেন নিষ্কাসন-জনিত (De-oxidization) অক্সাইড্ সমূহের তরল ধাতুর উপর ভাসিয়া উঠা ও ধাতুমলের সহিত মিশ্রিত হওয়া প্রয়োজন ; অর্থাৎ অক্সাইড্ সমূহের আপেক্ষিক গুরুত্ব গলিত ধাতুর আপেক্ষিক গুরুত্ব অপেক্ষা কম হওয়া উচিত। ম্যাঙ্গানীজ্ সর্বাপেক্ষা বহুল ব্যবহৃত অক্সিজেন নিষ্কাষক। ইহা নিম্নলিখিত সূত্র অনুযায়ী কাজ করে।

$$FeO + Mn = MnO + Fe.$$

ম্যাঙ্গানীজের আর একটি কাজ হইতেছে গন্ধক (Sulphor)কে নিষ্কাষিত করা।

$$FeS + Mn = MnS + Fe.$$

ম্যাঙ্গানীজ্ সাল্‌ফাইড্ (MnS) এবং ম্যাঙ্গানীজ্ অক্সাইড্ (MnO) উপরোক্ত ধাতুমলের সহিত অবস্থান করে।

আয়রন সাল্‌ফাইড্ (FeS) ওয়েল্ডিং ও ওয়েল্ডিং সংলগ্নস্থানে তপ্ত অবস্থায় ফাটলের সৃষ্টি করে। আয়রন সাল্‌ফাইডের গলনাঙ্ক লৌহের গলনাঙ্ক অপেক্ষা কম। গলিত ধাতু জমাটবাঁধার সময় আয়রন

সালফাইড্ গলিতাবস্থায় ধাতুর দানার মধ্যে আবদ্ধ থাকে, ইহার ফলে ফাটলের সৃষ্টি হয়।

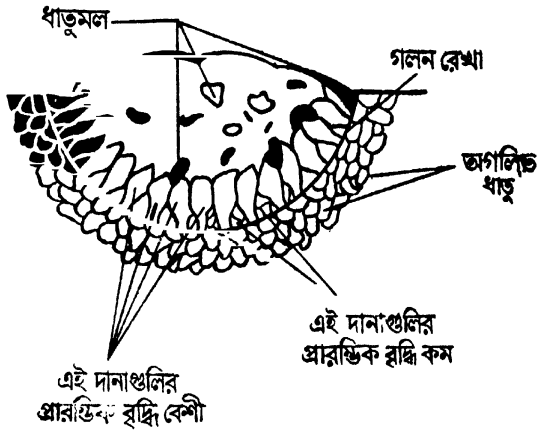
আর্ক ওয়েল্ডিংএ ইলেক্‌ট্রোডের আচ্ছাদন গলিত হইয়া ধাতুমলের সৃষ্টি করে। এই ধাতুমলের আপেক্ষিক গুরুত্ব কম। ইহা গলিত ধাতুর উপর ভাসমান থাকে এবং গলিত ধাতুকে বায়ুস্তরের সংস্পর্শ হইতে রক্ষা করে। ধাতুমলের রাসায়নিক উপাদানের প্রভাব ওয়েল্ডিংকে প্রভাবিত করে। ধাতুমল গলিত ধাতুর সহিত সক্রিয় হইয়া অক্সিজেন নিষ্কাষকরূপে কাজ করে, ধাতুকে তাপমাত্রা হইতে রক্ষা করে এবং গলিত ধাতুর তাপমাত্রার হ্রাসকে কমাইয়া দেয়।

ধাতুর রাসায়নিক গুণাগুণের (chemical properties) সহিত নির্দিষ্ট কিছু পরিমাণ প্রাকৃতিক গুণ (Physical properties) থাকাও প্রয়োজন। ওয়েল্ডিংএর সময় সরবরাহিত ধাতু ঠাণ্ডা হইয়া জমিয়া যাইবার সময় কিছু বায়বীয় পদার্থ (Gaseous substance) উদ্ভূত হয়; এবং যেহেতু ঐ ধাতু ধাতুমলের দ্বারা আচ্ছাদিত থাকে, উদ্ভূত বায়বীয় পদার্থসমূহকে ধাতুমলের মধ্য দিয়া নির্গত হইতে হয়; অন্যথা ওয়েল্ড্ ধাতুতে গ্যাস পকেটের (Gas pocket) সৃষ্টি করে। গলিত ধাতুমল গলিত ধাতুকে সমভাবে আচ্ছাদিত করার জন্য ধাতুমলের কম তল-টান (Surface tension) প্রয়োজন, ইহা ধাতুমলের রাসায়নিক উপাদানের উপর নির্ভর করে। টাইটেনিয়াম অক্সাইড্ ফ্লুয়োরস্পার (Fluorspar) ধাতুমলের তল-টান কমায়।

ঠাণ্ডা হইবার পর ধাতুমলকে সহজভাবে ওয়েল্ডিং হইতে বিচ্ছিন্ন করিতে পারা প্রয়োজন। এই গুণ ধাতুমল ও ধাতুর সম্প্রসারণ-সহগের (Coefficient of expansion) পার্থক্যের উপর নির্ভর করে।

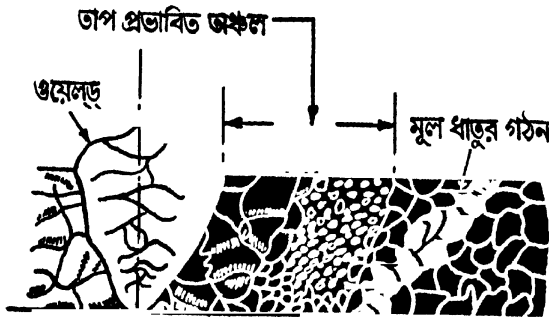
ধাতুমলের গলনাঙ্ক মূলধাতুর গলনাঙ্ক অপেক্ষা কম হওয়া আবশ্যক; অন্যথা ধাতুমল ধাতুর উপর ভাসিয়া উঠিতে পারে না এবং ইহাতে ধাতুনির্গত বায়বীয় উপাদানের বাহির হওয়ায় বাধা সৃষ্টি করে।

৮.২ সরবরাহিত ধাতুর ও ওয়েল্ডিংসংলগ্ন স্থানের কাঠামো (Grain Structure):

ওয়েল্ড্‌পুলের (weld-pool) গলিত ধাতুর জমাট বাঁধার প্রক্রিয়া ৮.২১নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল।

চিত্র নং ৮'২-১

আর্কের অগ্রগতির সঙ্গে পূর্ববর্তী ওয়েল্ড্‌-পুলের তাপমাত্রা হ্রাস পায় এবং গলিতধাতু জমাট বাধে। মূলধাতু-সংলগ্নস্থানে প্রথমে দানার সৃষ্টি হয়। দানার বৃদ্ধি বিভিন্ন অংশে বিভিন্ন। বর্দ্ধিষ্ণু দানা অধাতব উপাদানসমূহকে ওয়েল্ডিংএর উপরে ঠেলিয়া দেয়। এই হেতু ওভারহেড্‌ ওয়েল্ডিং এ ধাতুমল ওয়েল্ডিংএর মধ্যে না থাকিয়া ওয়েল্ডিংয়ের উপরে অবস্থান করে। জমাট বাঁধা দানা পরবর্তী ওয়েল্ডিংএর সময় নূতন করিয়া প্রভাবিত হয়।

ওয়েল্ডিং সংলগ্ন মূলধাতুর অংশকে তাপ-প্রভাবিত ক্ষেত্র (Heat

affected Zone) বলে। স্বল্প কার্বনযুক্ত ইস্পাতে তাপ প্রভাবিত ক্ষেত্রের ধাতব কাঠামোর পরিবর্তন ৮.২-২নং চিত্রে প্রদর্শিত হইল।

চিত্র ৮'২-২

ওয়েল্ড-সংলগ্ন স্থানে ধাতুর সামগ্রিক গলন ঘটে না; এখানে ধাতু খুব উচ্চ তাপমাত্রায় উত্তপ্ত হয় এবং মোটা দানার সৃষ্টি হয়। ওয়েল্ডিং হইতে দূরে যাওয়ার সঙ্গে সঙ্গে তাপমাত্রা হ্রাস পায় এবং দানার আকারও ছোট হইতে থাকে।

তাপ-প্রভাবিত স্থানের ধাতব কাঠামোর পরিবর্তন মূলধাতুর উপাদানের এবং তাপমাত্রার হ্রাসের হারের উপর নির্ভরশীল। ৮.২-২নং চিত্রে ওয়েল্ডসংলগ্ন মোটাদানাযুক্ত স্থানে ধাতুর নমনীয়তা (ductility) আংশিকভাবে হ্রাস পাওয়ায় ঐ স্থানের ধাতুর ঘাত সহনশীলতা (Impact strength) কমিয়া যায়। তাপ প্রভাবিত স্থানে কাঠিন্যের (Hardness) পরিমাণের উল্লেখযোগ্য পরিবর্তন ঘটে, বিশেষতঃ ইস্পাতের ক্ষেত্রে। কাঠিন্য বৃদ্ধির সঙ্গে ধাতুর ভঙ্গুর প্রবণতা (Brittleness) বৃদ্ধি পায়। ওয়েল্ড্ ধাতুর কাঠিন্য সাধারণতঃ মূলধাতুর কাঠিন্য অপেক্ষা বেশী।

নবম অধ্যায়

ওয়েল্ডেবিলিটি (Weldability)

৯.০ ওয়েল্ডেবিলিটি ধাতুর একটি বৈশিষ্ট্য। যে ধাতুকে যত সহজে ওয়েল্ডিং করা যায়, তাহার ওয়েল্ডেবিলিটি তত ভাল বলা হয়।

৯.১ ওয়েল্‌ডেবিলিটি টেষ্ট (Weldability test)

ধাতু এবং মিশ্রধাতু সমূহের ওয়েল্ডেবিলিটির তিনটি প্রধান দিক আছে :—

(ক) ব্যবহারিক ওয়েল্ডেবিলিটি (Practical Weldability) : ইহার দ্বারা ওয়েল্ডিংয়ে যে যে বিশেষ ব্যবস্থার প্রয়োজন, তাহা নির্ণীত হয়।

(খ) ধাতুবিষয়ক ওয়েল্ডেবিলিটি (Metallurgical Weldability) :— মূলধাতুতে ওয়েল্ডিংজনিত প্রাকৃতিক ও রাসায়নিক গুণাগুণের পরিবর্তন।

(গ) প্রায়োগিক ওয়েল্ডেবিলিটি (Technical Weldability) : ফাটলসৃষ্টির সম্ভাবনা সম্পর্কে অবহিত হইবার জন্য সামগ্রিকভাবে ওয়েল্ডিং-এর পর্য্যালোচনা।

৯.১.১ ব্যবহারিক ওয়েল্‌ডেবিলিটি পরীক্ষা :

(ক) ওয়েল্ডিংএর উপর—এই পরীক্ষা-নিরীক্ষায় ওয়েল্ডিং-এর জায়গা ভাঙ্গিয়া খালিচোখে অথবা আতস কাঁচ সহযোগে ওয়েল্ডধাতুতে ব্লো-হোল্ (blow-hole), সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম ছিদ্র (pores), অবাঞ্ছিত দ্রব্যের অন্তর্ভুক্তি (undesirable inclusions) ইত্যাদি, এবং দানার গঠন প্রকৃতি (structure of grains) দেখা হয়।

(খ) প্রকৃত ওয়েল্ডিংএর অনুরূপ অবস্থায় ওয়েল্ডিং করা টেষ্ট্ পীসের উপর—ঐ টেষ্ট্ পীস্‌কে পরীক্ষার জন্য বিশেষভাবে প্রস্তুত করতঃ ভাঙ্গিয়া দানার গঠনপ্রকৃতি দেখা হয়।

৯.১.২. ধাতুবিষয়ক ওয়েল্ডেবিলিটি পরীক্ষা :

মূলধাতুতে ওয়েল্ডিংএর তাপবৈষম্যজনিত যে প্রাকৃতিক ও রাসায়নিক পরিবর্তন ঘটে, তাহা নির্ণয় করাই এই পরীক্ষার উদ্দেশ্য।

(ক) ওয়েল্ডিংএর উপব :—সাধারণতঃ ইহাতে বাট্ জয়েণ্টের উপর নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি সম্পন্ন করা হয় (একাদশ অধ্যায় দ্রষ্টব্য); টেন্‌সাইল্ টেষ্ট (Tensile test), শিয়ার টেষ্ট (Shear test), বেণ্ডিং টেষ্ট (Bending test), ইম্প্যাক্ট টেষ্ট (Impact test), হার্ডনেস্ টেষ্ট (Hardness test)।

প্রয়োজনবিশেষে এই পরীক্ষা টেষ্ট পীসের উত্তপ্ত অবস্থায়ও করা হয়।

(খ) প্রকৃত ওয়েল্ডিং-এর অনুরূপ অবস্থায় ওয়েল্ডিং করা টেষ্ট পীসের উপর :—এই জাতীয় পরীক্ষাসমূহের মধ্যে আণ্ডার্‌বিড হার্ডনেস্ টেষ্ট (Underbead hardness test) সর্বাপেক্ষা বেশী ব্যবহৃত হয়।

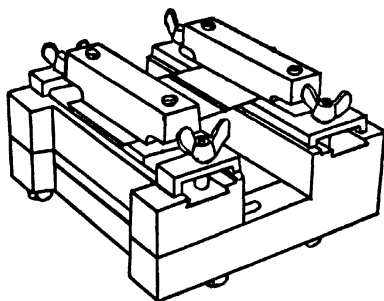
প্রয়োজনমত পুরু ষ্টীল প্লেটের উপর আর্ক ওয়েল্ডিংএর সাহায্যে বিড্ (Bead) তৈয়ারী করিয়া তাহাকে আড়াআড়িভাবে কাটা হয় এবং তারপর বীডের তলার তাপপ্রভাবিত অঞ্চলে ভিকার্স মাইক্রো-হার্ডনেস্ পদ্ধতিতে (Vickers micro-hardness method) দশ কিলোগ্রাম চাপের (Load) সাহায্যে কাঠিন্য মাপা হয়। যদি এই অঞ্চলে কোথাও কাঠিন্য ৩৫০ ভি. পি. এন. (V. P. N) বা ৩৩০ বি. এইচ্. এন্ (B. H. N.) এর বেশী হয়, তবে ওয়েল্ডিংএর সময় প্রিহিটিং (Preheating) বা বড় ইলেক্‌ট্রোড্ ব্যবহার করিয়া কাঠিন্য কমানো যায়।

৯.১.৩ প্রায়োগিক ওয়েল্ডেবিলিটি পরীক্ষা :

ইহা দ্বারা ওয়েল্ডিং এ ফাটলসৃষ্টির প্রবণতা পরীক্ষা করা হয়। এই পরীক্ষা ধাতুর বেধ এবং রাসায়নিক উপাদানসমূহ (chemical composition) অনুযায়ী বিভিন্ন প্রকারে হইতে পারে।

(ক) ক্র্যাকিং টেষ্ট্ (Cracking test)

ওয়েল্ডিং-এর সূক্ষ্ম ফাটল হইতে কার্য্যবস্তুতে ফাটল ধরিবার প্রবণতা নির্ণয় করাই এই পরীক্ষার উদ্দেশ্য। সাধারণতঃ ষ্ট্রাক্চারের (Structure) কাজে ব্যবহৃত ষ্টীলের জন্য এই পরীক্ষা প্রয়োগ করা হয়। ইহা বিভিন্নক্ষেত্রে বিভিন্ন উপায়ে করা হয়।

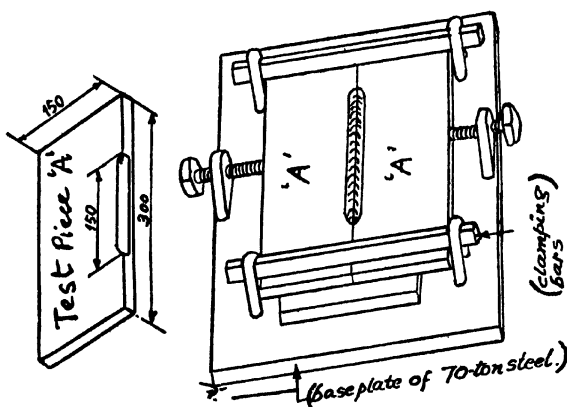
(১) বোলেন্‌রাথ্ টেষ্ট (Bollenrath test) :

চিত্র ৯. ১. ৩—১ বোলেনরাথ টেস্ট

এই পরীক্ষায় দুইখণ্ড পাতলা চাদরকে চিত্রানুযায়ী যোগানে (Fixture) বাঁধিয়া ওয়েল্ডিং করা হয়। যদি ওয়েল্ডিংএর পর ঠাণ্ডা হইবার সময় ফাটলের সৃষ্টি হয় তবে প্লেট দুইটি ওয়েল্ডিংয়ের অনুপযুক্ত। ফাটল যদি খালিচোখে দেখা না যায়, তবে জোড়কে

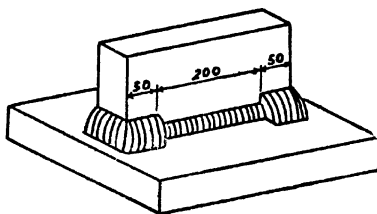
কয়েকবার এপিঠ-ওপিঠ বাঁকাইলে বাহিরের ফাটল পরিষ্কারভাবে দেখা যাইবে। ভিতরে যদি ফাটল থাকে, তবে এক্সরে (x'-ray) পরীক্ষার সাহায্যে ধরা যায়।

(২) আর-ডি টেষ্ট (R D test)

চিত্র ৯.১.৩—২

আর-ডি টেষ্ট

টেষ্ট্ পীস্ দুইটিকে চিত্রানুযায়ী যোগানে বসাইয়া বিভেল করা জায়গাটাতে ইলেক্ট্রিক ওয়েল্ডিংয়ের একটি রান দিয়া ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয়। ঐভাবে বিভেলকরা জায়গাটা ভরাট হয়। ওয়েল্ডিং সম্পূর্ণ হইবার পর টেষ্ট্-পীস্দুইটিকে ঐ অবস্থায় দুই তিন দিনের জন্য রাখিতে হইবে। যদি খালিচোখে কোনও ফাটল দেখা না যায়, তবে টেষ্টপীস দুইটিকে যোগান হইতে খুলিয়া ওয়েল্ডিংয়ের আড়া-আড়িভাবে কাটা হয় এবং উপযুক্তভাবে প্রস্তুত করিয়া ওয়েল্ডিংয়ের জায়গাটিকে অণুবীক্ষণ যন্ত্রের (Microscope) সাহায্যে পরীক্ষা

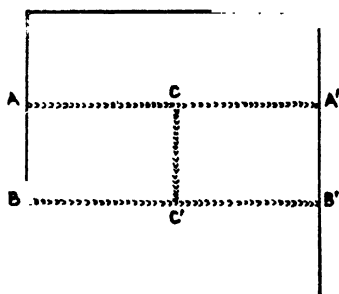
করিয়া দেখা যায় ফাটল আছে কিনা। যদি একেবারেই কোনও ফাটল না থাকে, তবে ধাতুটি সম্পূর্ণরূপে ওয়েল্ডিংয়ের উপযোগী।

(৩) ফিলেট্ টেষ্ট (Fillet test):

চিত্র—৯. ১. ৩—৩

ফিলেট্ টেষ্ট্

এই পরীক্ষায় চিত্রানুযায়ী ফিলেট্ ওয়েল্ডিং করা হয়। প্রথমে দুই প্রান্তে মোটা করিয়া ওয়েল্ডিং করা হয়। পরে প্লেট দুইটিকে বাঁধিয়া একপাশে লম্বালম্বিভাবে ওয়েল্ডিং করিয়া ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয়। যদি ইহাতে কোন ফাটল দেখা না যায়, তবে অপরদিকে অনুরূপ ওয়েল্ডিং করিতে হইবে। ঠাণ্ডা হইবার পরেও যদি কোন ফাটলের সৃষ্টি না হয়, তাহা হইলে ধাতুটি ওয়েল্ডিংয়ের উপযোগী। প্রসঙ্গতঃ উল্লেখযোগ্য, ফাটল খালিচোখে দেখা না গেলে একাদশ অধ্যায়ে বর্ণিত বিভিন্ন প্রণালীতে তাহা নির্ণয় করা যাইতে পারে।

এই পরীক্ষার জন্য কারেণ্ট, ওয়েল্ডিংয়ের গতি, ইলেক্‌ট্রোডের সাইজ্ ইত্যাদির মান নির্দ্ধারণ বাঞ্ছনীয়, কারণ ইহাদের উপর পরীক্ষার ফল অনেকটা নির্ভরশীল।

(৪) এইচ্ ওয়েল্ড টেষ্ট (H weld test)

চিত্র ৯. ১. ৩—৪

এইচ্ ওয়েল্ড্ টেষ্ট্

ইহাতে চিত্রানুযায়ী চারিটি মোটা প্লেটকে বসান হয়। প্রথমে প্লেটগুলিকে ধরিয়া রাখিবার জন্য AA′ এবং BB′ এই দুইটি ওয়েল্ডিং করিয়া ঠাণ্ডা হইতে দেওয়া হয়। তারপর CC′ বরাবর ওয়েল্ডিং করা হয়। ঠাণ্ডা হইবার পর CC′ ওয়েল্ডিংএ ফাটলের সৃষ্টি না হইলে ধাতুটি ওয়েল্ডিংয়ের উপযোগী।

এই পরীক্ষাটি খুব সহজ এবং নির্ভরযোগ্য।

উপরি উক্ত প্রণালীসমূহ ছাড়াও ক্র্যাকিং টেষ্ট এর জন্য আরও বহু প্রণালী আছে।

৯·২ **ইস্পাতের ওয়েল্ডেবিলিটি** (Weldability of Steel)

ইস্পাতের ওয়েল্ডেবিলিটি কার্বন দ্বারা বিশেষভাবে এবং ম্যাঙ্গানিজ (Mn), সিলিকন (Si) ইত্যাদি অন্যান্য উপাদান দ্বারা কিছু পরিমাণে প্রভাবিত হয়।

সাধারণভাবে ওয়েল্ডিংয়ের উপযোগী ইস্পাতে সামগ্রিক সমতুল কার্বনের পরিমাণ (Total equivalent carbon content—$[C]_T$)

শতকরা ০'২৫ ভাগের বেশী হওয়া উচিত নয়। ওয়েল্ডেবিলিটির উপর ইস্পাতের উপাদানের এবং কার্যবস্তুর আয়তনের সামগ্রিক প্রভাবকে ইস্পাতে সামগ্রিক সমতুল কার্বন $[C]_T$ এর পরিমাণ হিসেবে নিম্নলিখিত সূত্র দ্বারা ব্যক্ত করা যায় :—

$$[C]_T = [C]_c + [C]_t$$ সমী: ৯'২-১

যেখানে $[C]_c$ = রাসায়নিক সমতুল কার্বন
(Equivalent chemical Carbon content)
এবং $[C]_t$ = কার্যবস্তুর মাপ অনুযায়ী সমতুল কার্বনের পরিমাণ।

যদি ইস্পাতে কার্বন ছাড়া অন্যান্য উপাদান থাকে, তাহা হইলে রাসায়নিক সমতুল কার্বন $[C]_c$ এর পরিমাণ নিম্নলিখিত সূত্র অনুযায়ী নির্ণয় করা যায়। ম্যাঙ্গানিজও সিলিকন্ থাকিলে,

$$[C]_c = C + \frac{Mn}{4} + \frac{Si}{4}$$ সমী: ৯'২-২

ম্যাঙ্গানিজ্, ক্রোমিয়াম্ (Cr), নিকেল (Ni), মলিব্‌ডেনাম্ (Mo) থাকিলে,

$$360[C]_c = 360C + 40\ (Mn + Cr) + 20Ni + 28\ Mo$$

.......সমী: ৯'২-৩

যদি ম্যাঙ্গানিজ্, ক্রোমিয়াম্, নিকেল, মলিব্‌ডেনাম, ভ্যানাডিয়াম্ (V) থাকে, তাহা হইলে—

$$[C]_c = C + \frac{Mn}{20} + \frac{Ni}{15} + \frac{(Cr + Mn + V)}{10}$$

....সমী: ৯'২-৪

কার্যবস্তুর মাপ অনুযায়ী সমতুল কার্বনের পরিমাণ প্লেটের বেধ এবং ইস্পাতের কঠিন হওয়ার ক্ষমতার (Harden ability) উপর অর্থাৎ সামগ্রিক রাসায়নিক সমতুল কার্বনের পরিমাণ $[C]_c$ এর উপর নির্ভর করে।

$[C]_t = 0.005 \times t\, [C]_o$ ·······সমী: ৯.২-৫

যেখানে t = মিলিমিটারে প্লেটের বেধ

অতএব সমীকরণ ৯.২-১ হইতে,

$[C]_T = [C]_o\,(1 + 0.005\, t)$ ·······সমী: ৯.২-৬

উদাহরণ: 110 মিলিমিটার বেধবিশিষ্ট ইস্পাতে রাসায়নিক উপাদানসমূহের পরিমাণ :

কার্বন : 0.23%

ম্যাঙ্গানিজ্ : 1.20%

মলিবডেনাম : 0.50%

এখানে, $360[C]_o = 360C + 40\,(Mn + Cr) + 20Ni + 28Mo$

$= 360 \times 0.23 + 40 \times 1.20 + 28 \times 0.5$

$= 144.8$

সুতরাং $[C]_o = \dfrac{144.8}{360} = 0.40$

পুনরায়, $[C]_T = [C]_o\,(1 + 0.005t)$

$= 0.40\,(1 + 0.005 \times 110)$

$= 0.62\%$

সুতরাং দেখা যাইতেছে যে, ইহা সাধারণভাবে ওয়েল্ডিংয়ের অযোগ্য। এইসব ক্ষেত্রে জোড়কে ওয়েল্ডিং করিবার প্রাক্কালে কিছুটা গরম করিয়া লইলে ওয়েল্ডিং করা সম্ভব। এই উত্তাপের সর্বনিম্ন পরিমাণ $[T]_P$ নিম্নলিখিত সূত্র অনুযায়ী নির্ণয় করা যায়।

$[T]_P = 350\,\sqrt{[C]_T - 0.25}$ সেন্টিগ্রেড্ তাপমাত্রায়

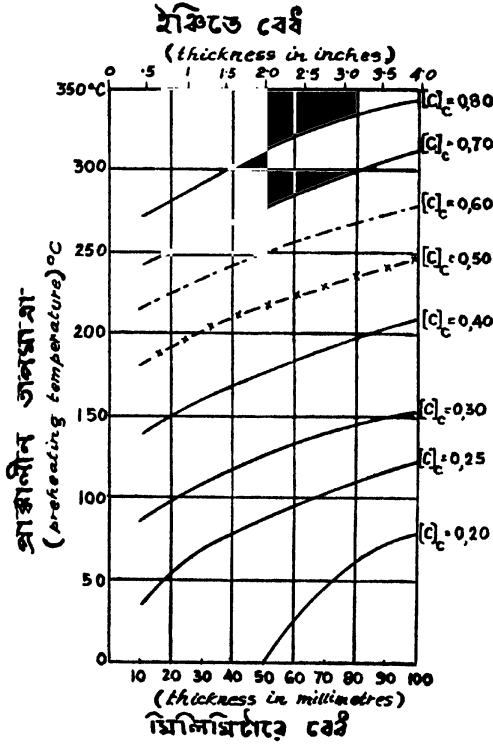
·······সমী. ৯. ২. ৭

সুতরাং উপরি উক্ত ইস্পাতের প্লেট ওয়েল্ডিং করিতে হইলে প্রাক্কালীন তাপের (Preheating temperature) সর্বনিম্ন পরিমাণ

$[T]_P = 350\sqrt{0.62 - 0.25}$

$= 350\,\sqrt{0.37}$

$= 212.8C$

বিভিন্নবেধবিশিষ্ট প্লেটের ক্ষেত্রে রাসায়নিক সমতুল কার্বন জানা থাকিলে নিম্নে অঙ্কিত রেখা চিত্র হইতে ওয়েল্ডিং এর প্রাক্কালীন সর্বনিম্ন তাপমাত্রা নির্ণয় করা যায়।

চিত্র ৯·২

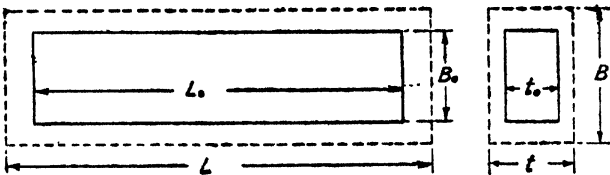
রাসায়নিক সমতুল কার্বনের পরিমাণের সহিত প্রাক্কালীন সর্বনিম্ন তাপমাত্রার সম্পর্ক।

দশম অধ্যায়

ওয়েল্ডিং এ সঙ্কোচন-নির্ণয়ের বিস্তৃত নির্দ্দেশ

১০'০ বিভিন্ন গবেষকরা ওয়েল্ডিং এ সঙ্কোচন নির্ণয়ের জন্য বহু প্রচেষ্টা করিয়াছেন; কিন্তু তাঁহাদের গবেষণাপ্রসূত সূত্রগুলি জটিল বলিয়া কার্য্যক্ষেত্রে প্রয়োগ করা কঠিন। নিম্নে কতকগুলি সরলসূত্র লিপিবদ্ধ করা হইল—যাহা কার্য্যক্ষেত্রে সঙ্কোচন নির্ণয় করিতে সহজ-ভাবেই ব্যবহৃত হইতে পারে।

ওয়েল্ডিংএর জন্য শুধু যে সঙ্কোচনের আবির্ভাব ঘটে, তাহাই নহে; ইহার জন্য কার্য্যবস্তুর বিকৃতিও হয়। এই বিকৃতি সম্বন্ধীয় জ্ঞাতব্য তথ্য অন্য খণ্ডে লিপিবদ্ধ করা হইয়াছে।

ওয়েল্ডিংএর জন্য কেন সঙ্কোচনের আবির্ভাব হয়, তাহা নিম্নলিখিত ভাষ্য হইতে স্পষ্ট অনুমিত হইবে। নিম্নাঙ্কিত চিত্রানুযায়ী একটি ধাতুদণ্ডকে যদি আমরা সমানভাবে তপ্ত করি; তাহা হইলে উহা দৈর্ঘ্যে, প্রস্থে ও বেধে বৃদ্ধি পায়।

চিত্র ১০'০

উত্তাপে ধাতুদণ্ডের সম্প্রসারণ

L_o	=	T_o	C তাপমাত্রায় ধাতুদণ্ডের দৈর্ঘ্য		
B_o	=	"	"	"	প্রস্থ
t^o	=	"	"	"	বেধ
L	=	T_oC	"	"	দৈর্ঘ্য
B	=	"	"	"	প্রস্থ
t	=	"	"	"	বেধ

সাধারণ পদার্থবিদ্যার সূত্রানুযায়ী

$$L = L_o\{1 + \alpha(T - T_o)\}$$

$$B = B_o\{1 + \alpha(T - T_o)\}$$

$$t = t_o\{1 + \alpha(T - T_o)\}$$

যেখানে α = রৈখিক সঙ্কোচন কিংবা সম্প্রসারণের সহগ (Coefficient of linear expansion or contraction).

যদি উক্ত ধাতুদণ্ডের তাপমাত্রা বৃদ্ধি জনিত দৈর্ঘ্যিক সম্প্রসারণ রোধ করা যায়, তাহা হইলে B_0 এবং t_0 বৃদ্ধি পাইয়া B_1 এবং t_1 তে পরিণত হয়। ইহা সুস্পষ্ট যে, B_1 এবং t_1 পূর্বের B এবং t হইতে বৃহত্তর। এইবার যদি ধাতুদণ্ডকে সমানভাবে ঠাণ্ডা করিয়া T_o°C তাপমাত্রায় ফিরাইয়া আনা হয়, তাহা হইলে দেখা যাইবে যে, B_{o1} এবং t_{o1} পূর্বেকার B_o এবং t_o হইতে বৃহত্তর, এবং L_{o1} পূর্বেকার L_o হইতে ক্ষুদ্রতর।

ওয়েল্ডিংএর ক্ষেত্রে কার্য্যবস্তু সর্বত্র সমানভাবে উত্তপ্ত হয় না; ফলতঃ যখন সম্প্রসারণ সংঘটিত হইতেছে, সংলগ্নধাতু আপেক্ষিক কম তাপমাত্রাহেতু সম্প্রসারণের আংশিক রোধের কারণ হয়, এবং ইহাই ওয়েল্ডিংজনিত সঙ্কোচনের একটি কারণ। অন্য প্রধান কারণ—ওয়েল্ডিং এ সরবরাহিত ধাতুর নিজস্ব সঙ্কোচন।

১০.১ **বাট্ ওয়েল্ড্** (Butt Weld);

১০.১.১ **আড়াআড়ি সঙ্কোচন** (Transverse Shrinkage);

অবরোধহীন জোড় (Free joint) ওয়েল্ডিংএর জন্য আড়াআড়ি

সঙ্কোচন (S_T) = কার্যবস্তুর উত্তপ্ত অংশের সঙ্কোচন (S_P) + ওয়েল্ডি এ সরবরাহিত ধাতুর সঙ্কোচন (S_W)।

25 মিলিমিটার ও তদূর্দ্ধ প্লেটের জন্য,—

$$S_T = 0{\cdot}008\frac{AW}{t} + 0{\cdot}002d.$$

যেখানে Aw = বর্গ মিলিমিটারে ওয়েল্ডিংএর ছেদ ক্ষেত্রফল।

t = মিলিমিটারে প্লেটের বেধ

এবং d = মিলিমিটারে রুট্ ওপেনিং (Root opening)

6 মিলিমিটার ঊর্দ্ধ ও 25 মিলিমিটার অনূর্দ্ধ প্লেটের জন্য,—

$$S_T = 0{\cdot}007\frac{Aw}{t} + 0{\cdot}002d$$

অনূর্দ্ধ 6 মিলিমিটার প্লেটের জন্য, উপরোক্ত সূত্রের প্রয়োগ চলিবে না। অপেক্ষাকৃত পাতলা প্লেটে সঙ্কোচন অপেক্ষা বাঁকিয়া যাওয়ার (Buckling) বিপদ সম্যক বেশী।

অবরুদ্ধ জোড় (Restrained joint) ওয়েল্ডিংএর জন্য আড়াআড়ি সঙ্কোচন $(S_T) = Fc \times$ অবরোধহীন জোড় ওয়েল্ডিংএ আড়াআড়ি সঙ্কোচন।

Fc আবার বাহ্যিক অবরোধ (External constraint) P এর উপর নির্ভরশীল। ওয়েল্ড্ লাইন ধরিয়া এক মিলিমিটার পরিমাণ স্থিতিস্থাপক স্থানচ্যুতি (Elastic dislocation) ঘটাইতে ওয়েল্ড্ লাইন ধরিয়া যে আড়াআড়ি চাপের (Transverse Stress) প্রয়োজন, তাহাই P এর মান।

পরীক্ষা করিয়া পাওয়া গিয়াছে,

$$Fc = \frac{1}{1 + 0{\cdot}086\,P^{0{\cdot}87}}$$

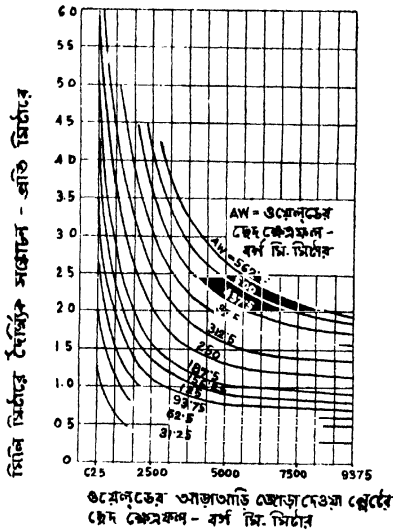
যেখানে P'র মান কিলোগ্রাম/বর্গ মিলিমিটার/মিলিমিটার ধরা হইয়াছে।

১০ ১.২. দৈর্ঘ্যিক সংকোচন (Longitudinal Shrinkage) :

$$\text{সঙ্কোচন } (S_L) = \frac{A_w}{A_P} \times 00{\cdot}25 \quad \text{মিলিমিটার/মিলিমিটার}$$

যে সব ক্ষেত্রে অবরোধকারী প্লেটের (Restraining plate) এর ক্ষেত্রফল, ওয়েল্ডের ছেদ ক্ষেত্রফলের 20 গুণের অনধিক, সে সব ক্ষেত্রে উক্ত সূত্র প্রয়োগ করা হয়।

সূত্রের A_W = বর্গমিলিমিটারে ওয়েল্ডের ছেদ-ক্ষেত্রফল

এবং A'_P = অবরোধকারী প্লেটের ক্ষেত্রফল বর্গমিলিমিটারে।

সঙ্কোচন নির্ণয়ের রেখ-চিত্র

চিত্র ১০, ১·২

যদি অবরোধকারী প্লেটের ক্ষেত্রফল ওয়েল্ডের ছেদ-ক্ষেত্রফল

অপেক্ষা 20 গুণেরও অধিক হয়, তবে সঙ্কোচন নির্ণয়ে পূর্ববাঙ্কিত রেখ-চিত্রের সাহায্য লইতে হইবে।

১০-২ ফিলেট্ ওয়েল্ড্ (Fillet weld)

দুইটি বরাবর ফিলেট (Continuous fillet) সম্পন্ন "টী" জয়েণ্টের ক্ষেত্রে আড়াআড়ি সঙ্কোচন

$$S_T = \frac{\text{ফিলেটের লেগ}}{\text{প্লেটের বেধ}} \quad \text{মিলিমিটার/মিলিমিটার}$$

ছাড়াছাড়া (Intermittent) ওয়েল্ডিংএর ক্ষেত্রে,

$$S_T = K \times \frac{\text{ফিলেটের লেগ}}{\text{প্লেটের বেধ}} \quad \text{মিলিমিটার/মিলিমিটার}$$

যেখানে $$K = \frac{\text{ছাড়াছাড়া ওয়েল্ডিংএর সামগ্রিক দৈর্ঘ্য}}{\text{সামগ্রিক দৈর্ঘ্য}}$$

বাট্ ওয়েল্ডের ক্ষেত্রে প্রদত্ত সূত্র ফিলেট্ ওয়েল্ডের দৈর্ঘ্যিক সঙ্কোচন নির্ণয়ের নির্দেশ হিসাবে গ্রহণ করা যাইতে পারে।

উপরে লিপিবদ্ধ সূত্রগুলি বিভিন্ন ওয়েল্ডিংএর ক্ষেত্রে সম্ভাব্য সঙ্কোচন নির্ণয়ের উপায় হিসাবে ব্যবহার করা যাইতে পারে। কিন্তু কার্য্যক্ষেত্রে বহু জটিল জোড় থাকে। সেইসব ক্ষেত্রে জোড়কে সরল জোড়ে বিভক্ত করিয়া সঙ্কোচন নির্ণয় করিতে হইবে।

একাদশ অধ্যায়

ওয়েল্‌ডিং পরিদর্শন ও পরীক্ষা

(Inspection and Testing of Weld)

১১.০ অধুনা বহু দরকারী বস্তু ওয়েল্‌ডিং সহযোগে প্রস্তুত হইতেছে যেমন ব্রিজের গার্ডার, ব্রিজ্‌-বেয়ারিং, ওয়াগন ইত্যাদি। নিরাপত্তার দিকে নজর রাখিয়া নিখুঁতভাবে ওয়েল্‌ডিং করা একান্ত আবশ্যক। অন্যথায় বহুল বিপদের সম্ভাবনা। সেইজন্য ওয়েল্‌ডিং করার আগে ও পরে ওয়েল্‌ডিংকে প্রভাবিত করে এরূপ সমস্ত বিষয়ের প্রতি সতর্ক দৃষ্টি রাখা প্রয়োজন।

১১.১ ওয়েল্‌ডিং পরিদর্শন ও পরীক্ষাকে নিম্নলিখিত তিনভাগে ভাগ করা যায় :—

(১) ওয়েল্‌ডিংয়ের প্রাক্কালে

(২) ওয়েল্‌ডিং করিবার কালে

(৩) ওয়েল্‌ডিংয়ের উত্তরকালে অর্থাৎ ওয়েল্‌ডিং সম্পন্ন হইবার পর।

১১.১১ ওয়েল্‌ডিংয়ের প্রাক্কালে পরিদর্শন ও পরীক্ষণ :—

নিম্নলিখিত বিষয়গুলি বিচার্য,—

(ক) ইলেক্‌ট্রোড্‌ যথাযথ কিনা (proper electrode)

(খ) কার্য্যবস্তুর ওয়েল্‌ডিং প্রক্রিয়ায় যুক্ত হইবার ক্ষমতা (weldability)

(গ) কার্য্যবস্তুর ওয়েল্‌ডিংয়ের প্রাক্কালে প্রস্তুতি (preparation of job)

(ঘ) ওয়েল্ডারের যোগ্যতা (এই সম্পর্কে বিস্তৃত আলোচনা অন্য খণ্ডে লিপিবদ্ধ হইল)।

১১.১.২ ওয়েল্ডিং করিবার কালে পরিদর্শন ও পরীক্ষণ :—

নিম্নলিখিত বিষয়গুলি বিচার্য্য,—

(ক) ইলেক্‌ট্রোড ভিজা থাকিলে শুকাইয়া লওয়া

(খ) ঠিক কারেণ্ট এবং যথাযথ কার্য্যপ্রণালী বিনিয়োগ

(গ) পরবর্ত্তী রাণের প্রারম্ভে পূর্ববর্ত্তী রাণজনিত ধাতুমল পরিষ্কার করা (deslagging)

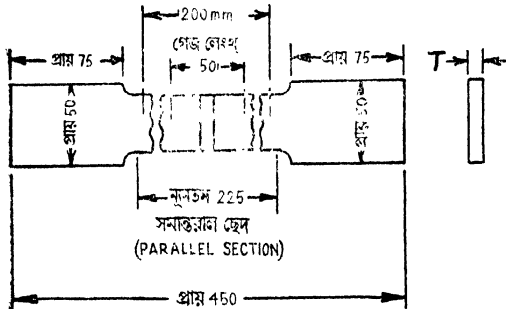
(ঘ) রাণের বাহ্যিক রূপ পরিদর্শন (appearance)।

বস্তুতঃ, উপরোক্ত বিষয়গুলি ওয়েল্ডিংয়ের প্রারম্ভে ও ওয়েল্ডিং চলাকালে যাচাই করিয়া লইলে নিকৃষ্ট ওয়েল্ডিংজনিত বিভিন্নপ্রকার বিপদ হইতে রক্ষা পাওয়া যায়।

১১.১.৩ ওয়েল্ডিংকে উত্তরকালে পরিদর্শন ও পরীক্ষণ :—

ইহা নিম্নোক্ত দুই উপায়ে করা হয়,—

(ক) ধ্বংসাত্মক পরীক্ষা (Destructive test) :

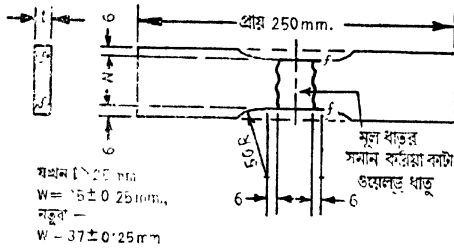
ইহাতে ওয়েল্ডিংকে ভাঙ্গিয়া বা নষ্ট করিয়া পরীক্ষা করা হয়।

চিত্র ১১. ১. ৩ (ক)—১
টেন্‌সাইল্ টেষ্ট্ পীস্

(খ) ধ্বংস না করিয়া পরীক্ষা (Nondestructive test) :

ইহাতে ওয়েল্‌ডিংয়ের কোনরূপ ক্ষতিসাধন না করিয়া পরীক্ষা করা হয়।

১১.১.৩ (ক) ধ্বংসাত্মক পরীক্ষা

ইহা সাধারণতঃ নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলি বুঝায়,—

(ক)$_১$ টেন্‌সাইল টেষ্ট (Tensile test) : এই পরীক্ষায় বিশেষ-ভাবে প্রস্তুত টেষ্ট্‌ পীস্‌কে (test piece) টেন্‌সাইল টেষ্টিং মেশিনে (Tensile testing machine) বলপ্রয়োগে ছিন্ন করা হয়। টেষ্ট্‌ পীস্‌ দুইরকমের হইতে পারে এবং ইহাদের চিত্র প্রদত্ত হইল।

চিত্র ১১. ৩(ক)$_১$—২

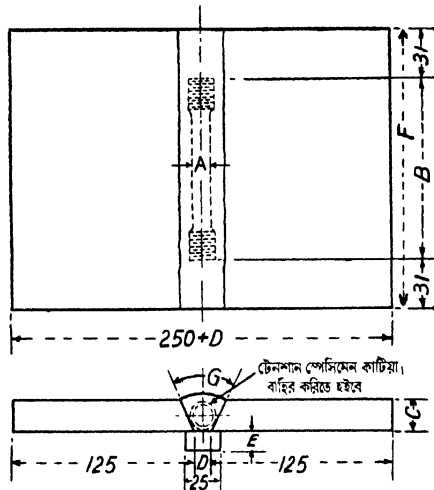
টেনসাইল্‌ টেষ্ট্‌ পীস্‌

প্রথম চিত্রানুসারে (ছবি ১১.১.৩ (ক)$_১$—১) টেষ্ট্‌ পীস্‌ তৈয়ারী করিলে প্রায়শঃ দেখা যায় যে ওয়েলডিংয়ের স্থানে ছিন্ন না হইয়া ওয়েল্‌ডিং সংলগ্ন মূলধাতুতে ছিন্ন হয়। এইজন্য ওয়েল্‌ডিংয়ের শক্তি জানিতে হইলে, এই পরীক্ষার টেষ্ট্‌ পীস্‌কে দ্বিতীয় চিত্রানুযায়ী (ছবি ১১.১.৩ (ক)$_১$—২) তৈয়ারী করিতে হইবে, যাহাতে ওয়েল্‌ডিং এর ছেদ ক্ষেত্রফল (cross section) ন্যূনতম থাকে। ইহা ছিন্ন করিবার

কালে সর্ব্বোচ্চ যে বলপ্রয়োগ করা হয়, তাহাকে ছেদ ক্ষেত্রফল দ্বারা ভাগ করিলে ওয়েল্‌ডিংয়ের শক্তি নির্ণীত হয়।

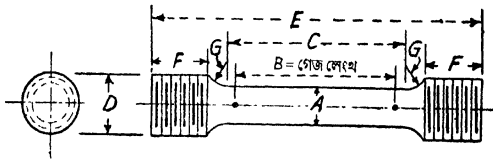
$$\text{শক্তি (stress)} = \frac{P}{A} \text{ কিলোগ্রাম/বর্গ মিলিমিটার}$$

যেখানে P = প্রযুক্ত বল (কিলোগ্রামে)
এবং A = ছেদ ক্ষেত্রফল (বর্গ মিলিমিটারে)

যদি আমরা শুধুমাত্র ওয়েল্‌ডিংয়ের টেন্‌সাইল ষ্ট্রেংথ্‌ (tensile strength), ঈল্ড্‌ পয়েণ্ট (yield point), দৈর্ঘ্যে বৃদ্ধি (elongation) এবং ছেদ ক্ষেত্রফলের হ্রাস (reduction in area) বাহির করিতে চাই, তাহা হইলে ওয়েল্‌ডিংয়ের টেষ্ট্‌ পীস :নিম্নলিখিত চিত্র-অনুসারে তৈয়ারী করিতে হইবে।

চিত্র—১১. ১. ৩ ক)১—৩

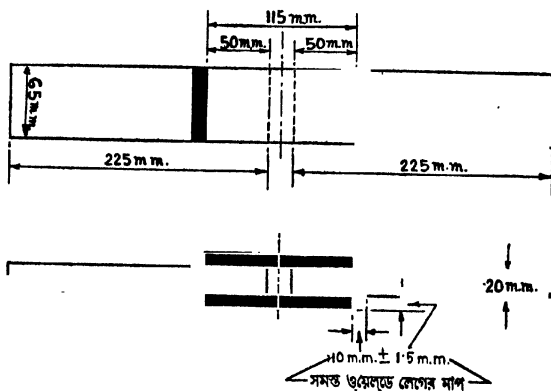
অল্‌-অয়েল্ড-মেটাল টেন্‌সাইল্‌ পীসের জন্য টেষ্ট প্লেট

ইলেক্‌ট্রোডের ব্যাস (Diameter) মি.মি	টেষ্ট প্লেট এবং টেন্‌শান্ টেষ্ট স্পেসিমেনের মাপ						
	A মি. মি.	B মি.মি.	C মি.মি	D মি.মি	E মি মি	F মি.মি.	G ডিগ্রী
4 মি. মি. এর কম	6·3±0·125	62	12	6	4·5	125	45
4 মি. মি এবং 5 মি. মি.	12·5±0 25	106	18	12	6	168	45
6 মি. মি.	12·5±0 25	106	25	12	12	168	45

একাধিক স্পেসিমেনের জন্য টেষ্ট প্লেট দৈর্ঘ্যে বড় নেওয়া যাইতে পারে।

চিত্র ১১. ১. ৩.ক.১—৪
অল্-ওয়েল্ড-মেটাল টেন্‌সাইল্ পীস্

স্পেসিমেনের মাপ

A মি. মি	B মি.মি	C মি মি	D মি.মি.	E মি মি	F মি.মি	G মি মি. অন্ততঃ
12·5±0 25	50	56	18	106	18	10
10 925±0·25	43	50	15	100	18	10
8·925±0 175	35	43	12	87	15	10
6·3±0·125	25	31	10	62	12	6
3·15±0·075	12	18	6	43	10	3

ফিলেট ওয়েল্ডিংয়ে শিয়ারিং ষ্ট্রেংথ্ (shearing strength) নিম্নলিখিত চিত্রানুসারে টেস্ট্ পীস তৈয়ারী করাইয়া টেন্সাইল টেষ্টিং মেশিনে বলপ্রয়োগে ছিন্ন করিলে নিম্নোক্ত সূত্রানুসারে নির্ণয় করাযায়।

চিত্র ১১ ১ ৩(ক ১—৫

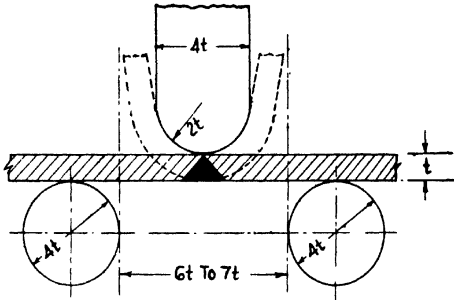
শিয়ারিং ষ্ট্রেংথের জন্য ফিলেট্-ওয়েল্ডিং স্পেসিমেন

শিয়ারিং শক্তি (shearing stress)

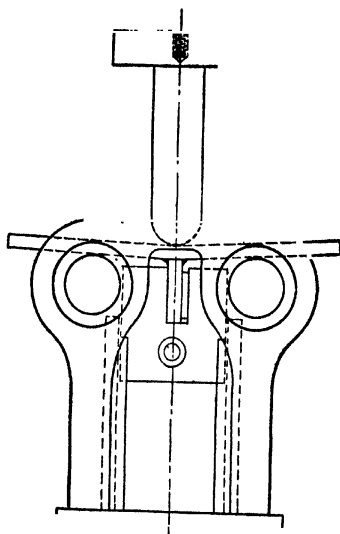
$$=\frac{P}{2\times 65\times 0\,7\times 10}$$ কি. গ্রা /বর্গ মি মি.

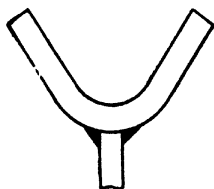
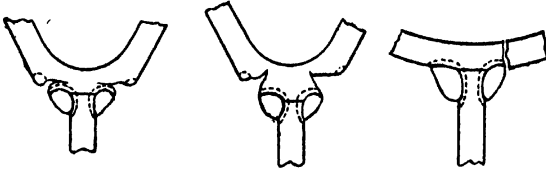
$$=\frac{P}{910}$$ কি. গ্রা /বর্গ মি. মি.

(ক)২ বেণ্ড্ টেষ্ট্ (Bend test) ঃ

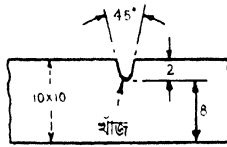
ওয়েল্‌ডিংয়ের নমনীয়তা নিরূপণ করিবার জন্য এই পরীক্ষা নিম্নের চিত্রানুসারে সম্পন্ন করা হয়। ইহার টেষ্ট্‌পীস সাধারণতঃ ৩৫ মি. মি. চওড়া হয়।

চিত্র ১১. ১. ৩(ক)২ —১
নমনীয়তা পরীক্ষা

চিত্রানুসারে যদি টেষ্ট্‌পীসকে বাঁকানো হয়, তাহাকে ফেস্ বেণ্ড্ (face bend) বলে। রুট্ বেণ্ড (Root bend) করিবার সময় টেষ্ট্‌পীসকে বিপরীতভাবে স্থাপন করিতে হয়। এই বাঁকানোর ফলে কোনরূপ ফাটলের সৃষ্টি হওয়া উচিত নহে। এই প্রকারে বাট্ ওয়েল্‌ডিং পরীক্ষিত হয়।

ফিলেট্ ওয়েল্ডিং পরীক্ষার জন্য নিম্নলিখিত চিত্রানুসারে পরীক্ষা কার্য চালাইতে হইবে।

চিত্র ১১. ১. ৩'ক)$_২$—২

পরীক্ষান্তে টেষ্ট্ পীস নিম্নাঙ্কিত ছবিগুলির যে কোন একটির মত হইতে পারে।

ফাটল বিহীন ভাল ওয়েল্ডিং

চিত্র ১১. ১. ৩ক'₂—৩
বিভিন্ন প্রকারের ফাটলযুক্ত ওয়েল্ডিং

(ক)₃ আইজড্ ইম্‌প্যাক্ট্ টেষ্ট্ (Izod Impact test) :

নিম্নাঙ্কিত চিত্রানুসারে প্রস্তুত ওয়েলডিংয়ের টেষ্টপীস্‌কে হঠাৎ আঘাতজনিত বলপ্রয়োগদ্বারা ভাঙ্গিয়া ফেলা হয়। ভাল ওয়েলডিংয়ের ক্ষেত্রে আইজড্ ইম্‌প্যাক্টের পরিমাণ ন্যূনপক্ষে ৬ মিটার-কিলোগ্রাম (মাইল্‌ড ষ্টীলের জন্য) হওয়া প্রয়োজন।

চিত্র—১১. ১. ৩ (ক)₃

(ক)₄ কাঠিন্য পরীক্ষা (Hardness test) :

টেষ্ট্‌পীসে ওয়েল্‌ডিংয়ের স্থলে হার্ডনেস্ টেষ্টার (Hardness tester) সহযোগে কাঠিন্য নির্ণয় করিতে হয়। বাজারে প্রচলিত মেশিন সমূহের মধ্যে সাধারণতঃ ব্রিনেল্ (Brinell), রক্‌ওয়েল (Rockwell) এবং ভিকার্স্ হার্ডনেস্ টেষ্টার ব্যাপকভাবে ব্যবহৃত হয়। এই সব ক্ষেত্রে কাঠিন্য নিরূপণ করিবার জন্য প্রয়োজনীয় তিনটি সূত্র দেওয়া হইল।

ব্রিনেল্ হার্ডনেস্ নাম্বার $B.\ H.\ N. = \dfrac{2P}{\pi D(D - \sqrt{D^2 - d^2})}$

যেখানে —

D = অনুপ্রবেশকারী বলের ব্যাস (diameter of indentor) মিলিমিটারে।

d = ছাপ (impression) এর ব্যাস, মিলিমিটারে

এবং p = প্রযুক্ত বল (applied load), কিলোগ্রামে

রক্‌ওয়েল নাম্বার বি (R. B.) এবং রক্‌ওয়েল্ নাম্বার সি (R. C.) টেষ্টিং মেশিনের স্কেল হইতে সোজাসুজি পড়িতে পারা যায়।

ভিকার্স্ হার্ডনেস্ নাম্বার (V. P. N or D. P. H.)

$$= \frac{2P \sin\theta/2}{d^2}$$

যেখানে,—

p = প্রযুক্ত বল, কিলোগ্রামে

d = ছাপের কোনাকুনি মাপ (diagonal measurement of impression)

θ = পিরামিডের দুই বাহুর অন্তর্ভুক্ত কোণ।

ওয়েল্‌ডিংয়ের কাঠিন্য ও মূলধাতুর কাঠিন্যের মধ্যে বিশেষ পার্থক্য না থাকিলে ওয়েল্‌ডিংয়ে ফাটলের সৃষ্টি হওয়ার সম্ভাবনা কম। দেখা গিয়াছে যে মাইল্‌ড ষ্টীলে হস্তকৃত (manual) ওয়েল্‌ডিংয়ের ক্ষেত্রে এই কাঠিন্যের পার্থক্য ১০ হইতে ৪০ বি. এইচ্. এন্ (B. H. N.) হয়। অটোমেটিক ওয়েলডিংয়ের ক্ষেত্রে এই সংখ্যা ৮০ অবধি পৌঁছাইতে পারে।

(ক) হাতুড়ির আঘাত সহযোগে ফিলেট্ টেষ্টিং (Fillet testing by hammering):

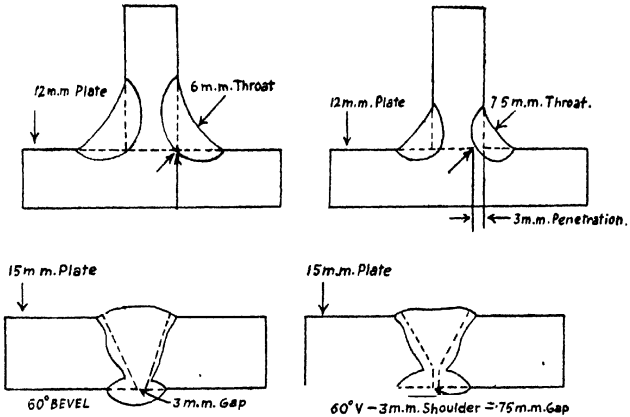
ফিলেট্ ওয়েল্‌ডিংয়ে কার্যতঃ কোনরকম মূল্যবান যন্ত্র ব্যবহার না

করিয়া শুধুমাত্র হাতুড়ির আঘাত সহযোগে নিম্নাঙ্কিত চিত্র অনুসারে পরীক্ষাকার্য সম্পন্ন করা হয়।

চিত্র—১১.১.৩ (ক)$_৫$

ভাঙ্গা খণ্ডকে পরীক্ষা করিয়া দেখা যায় যে ওয়েলডিংএর অনুপ্রবেশ (penetration) মান (quality) যথাযথ কি না।

(ক)$_৬$ এচিং টেষ্ট্‌ (Etching test) :

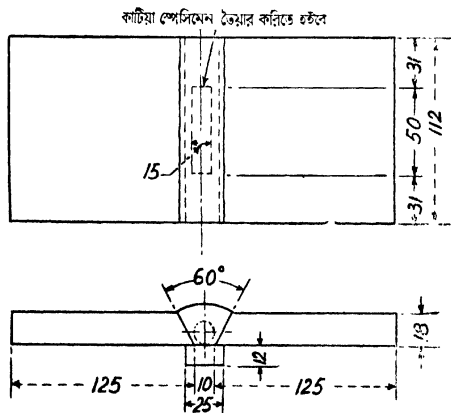
টেষ্ট্‌ পীস্‌কে কাটিয়া ওয়েল্‌ডিংকে আড়াআড়িভাবে পালিশ করিয়া

চিত্র—১১.১.৩ (ক)$_৬$—১ ফিলেট ওয়েল্ড এচিং স্পেসিমেন

চিত্র—১১.১.৩ (ক)$_৬$—২ বাট ওয়েল্ড এচিং স্পেসিমেন

উপযুক্ত রাসায়নিক সলিউশন (তরলীকৃত হাইড্রোক্লোরিক অথবা

সালফিউরিক এসিড্) প্রয়োগে এচিং করা হয়। স্থানটি জলে ধুইলে ওয়েল্ডিংএর বিভিন্ন স্তর খালি চোখেই পরিষ্কার দেখা যায়। এই পরীক্ষায় ওয়েল্ডিংএর অনুপ্রবেশ (penetration), ব্লো-হোল (blow-hole), আবদ্ধ ধাতুমল (slag inclusion), ইত্যাদি পরিলক্ষিত হয়। উপরে দুইটি চিত্র দেওয়া হইল :

(ক)৭ ঘনত্ব পরীক্ষা (Density test) :

ওয়েল্ডিং এর ভিতর সূক্ষ্ম সূক্ষ্ম ছিদ্র (pores) সমূহের অস্তিত্ব সম্পর্কে নিঃসংশয় হইবার জন্য এই পরীক্ষা লেবরেটারীতে করা হয়। এই পরীক্ষার জন্য ব্যবহৃত টেস্ট্ পীসের চিত্র নিম্নে প্রদত্ত হইল।

চিত্র—১১. ১. ৩ (ক)৭—১

টেস্ট্ পীসের আয়তন এবং ওজন সঠিকভাবে যথাক্রমে ঘন সেন্টিমিটারে ও গ্রামে নিরূপণ করিতে হইবে।

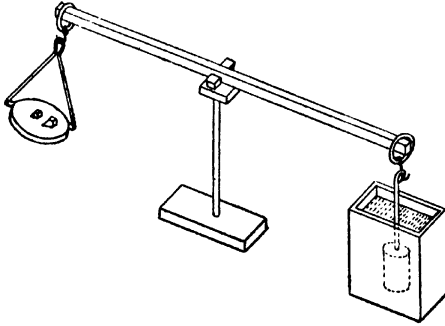
$$\text{আয়তন} = \frac{\pi}{4} d^2 l = \frac{\pi}{4} \times (1{\cdot}5)^2 \times 5{\cdot}0 \text{ ঘন সে. মি.}$$

(সি. সি.—c. c.)

$= 8{\cdot}82$ ঘন সে. মি.

$$\text{ঘনত্ব} = \frac{\text{গ্রামে ওজন}}{\text{ঘন সেন্টিমিটারে আয়তন}} \longrightarrow \text{গ্রাম/সি. সি.}$$

উচ্চ শ্রেণীর ওয়েল্‌ডিংএর জন্য উহা 7·80 হওয়া প্রয়োজন। ওয়েল্‌ডিংয়ে যদি ক্ষুদ্রাতিক্ষুদ্র ছিদ্র বা সামান্যতম ধাতুমল আবদ্ধ থাকে, তাহাতেও এই ঘনত্বের পরিমাণ কমিয়া যায়।

কার্য্যতঃ টেষ্ট পিসের আয়তন নির্ণয় করা কঠিন হইতে পারে। সেইজন্য নিম্নে প্রদত্ত চিত্র অনুসারে আপেক্ষিক গুরুত্ব—যাহা মেট্রিক প্রণালী ঘনত্বের সমান—নির্ণয় করা যায়।

চিত্র—১১. ১. ৩ (ক)৭—২

$$\text{আপেক্ষিক গুরুত্ব (Specific gravity)} = \frac{W_{air}}{W_{air} - W_{water}}$$

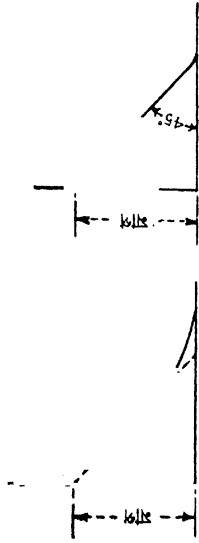
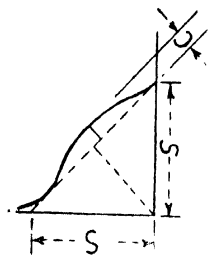
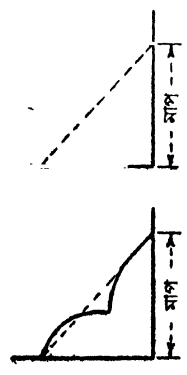
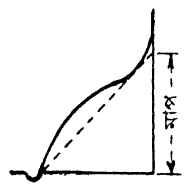
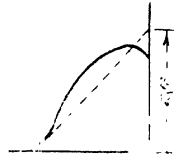
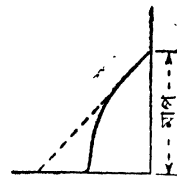
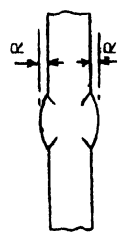
যেখানে W_{air} = বায়ুতে টেষ্ট পিসের ওজন

W_{water} = জলে " " "

(খ) ধ্বংস না করিয়া পরীক্ষা (**Non-destructive test**) **:**

ইহা নিম্নলিখিত পরীক্ষাগুলির সমষ্টি,

(খ)১ খালিচোখে পরীক্ষা (Visual test) **:**

এই পদ্ধতি সমধিক প্রচলিত। ইহার জন্য কার্য্যতঃ কোন মূল্যবান যন্ত্রপাতির প্রয়োজন হয় না। ইহাতে ওয়েল্‌ডিংএর আকৃতি (shape), ফাটল (crack), ব্লো হোল (blow hole) ইত্যাদি খালি চোখে অথবা সময় সময় আতসকাঁচ (magnifying glass) সহযোগে পরীক্ষা করা হয়। পর পৃষ্ঠায় কতগুলি রেখ-চিত্র দেওয়া হইল—তাহা হইতে বুঝিতে পারা যায় যে ওয়েলডিং গ্রহণযোগ্য কি না।

মাপ
মাপ
45°
ভাল ফিলেট ওয়েল্ডিং
S
S
C
C-এর মাণ নিদ্দিষ্ট মান অপেক্ষা বেশী না।
হইলে চলিতে পারে।
মাপ
ছোট থ্রোট (THROAT)
মাপ
বেশী উঁচু (CONVEX)
মাপ
আণ্ডারকাট (UNDERCUT)
ত্রুটিযুক্ত ফিলেট ওয়েল্ডিং
ওভারল্যাপ (OVERLAP)
মাপ
ছোট লেগ (LEG)
R
R
গ্রহণযোগ্য বাট ওয়েল্ডিং। R এর মান নিদ্দিষ্ট
মান অপেক্ষা বেশী হইবে না।
বেশী উঁচু (CONVEX)
আণ্ডারকাট (UNDERCUT)
ওভারল্যাপ (OVERLAP)
ত্রুটিযুক্ত বাট ওয়েল্ডিং

(খ)২ চৌম্বক কণা পরীক্ষা (Magnetic particle test) :

চুম্বকে পরিণত হইতে পারে এরূপ ধাতুর (**magnetic metals**) ক্ষেত্রে এই পরীক্ষা প্রযোজ্য। পরীক্ষনীয় বস্তুটিকে যদি জোরালো চুম্বক-পথের অংশবিশেষে পরিণত করা হয়, তবে গর্ত, ফাটল কিংবা আবদ্ধ ধাতুমল চুম্বকপথকে বিকৃত করে এবং ইহার উপর ভিত্তি করিয়া ওয়েলডিংএর ত্রুটিবিচ্যুতি নিরুপিত হয়।

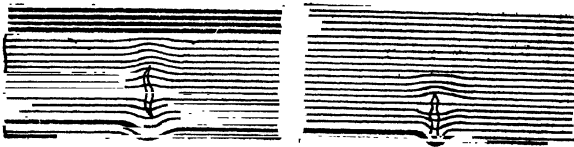
চুম্বকত্ব নিম্নলিখিত তিন প্রকারে কার্য্যবস্তুতে আরোপিত হয়,—

১। কার্য্যবস্তুতে প্রয়োজনীয় কারেণ্ট প্রবাহিত করিয়া

২। সোলেনয়েডের সহযোগে

৩। বিদ্যুৎ-চুম্বক বা স্থায়ী চুম্বক উপযুক্ত স্থানে স্থাপন করিয়া।

কার্য্যবস্তুতে চুম্বকত্ব আরোপিত করিবার পর সেই অংশের উপর লৌহচূর্ণ ছড়াইয়া দেওয়া হয় অথবা লৌহচূর্ণযুক্ত তরল পদার্থ সিঞ্চন (sprinkle) করিয়া দেওয়া হয়। সম্ভব হইলে লৌহচূর্ণযুক্ত তরল পদার্থে ডুবাইয়াও লওয়া হইতে পারে।

ওয়েল্‌ডিংয়ে ফাটল, ব্লো হোল কিংবা আবদ্ধ ধাতুমল থাকিলে লৌহচূর্ণের অবস্থান নিম্নাঙ্কিত চিত্র অনুযায়ী হইবে।

চিত্র—১১. ১. ৩ (খ) ২—১ চিত্র—১১. ১. ৩ (খ) ২—২

(খ)৩ রেডিওগ্রাফিক পরীক্ষা (Radiographic test) :

এই পরীক্ষায় এক্স-রে অথবা গামা-রে'র সাহায্যে ওয়েল্‌ডিংএর ছবি তোলা হয়।

(খ)৪ আলট্রাসনিক পরীক্ষা (Ultrasonic test) :

এই পরীক্ষা আল্ট্রাসনিক তরঙ্গ [প্রতি সেকেণ্ডে 50 কিলো-সাইকেল ফ্রিকোয়েন্সি (frequency) সম্পন্ন] বিশেষভাবে নির্মিত যন্ত্রসাহায্যে ওয়েল্ডিংয়ে প্রবেশ করানো হয়। ওয়েল্ডিংয়ে কোনরকম অসঙ্গতি যথা, ব্লো হোল, 'আবদ্ধ ধাতুমল, ফাটল ইত্যাদি থাকিলে তরঙ্গ প্রতিফলিত হয় এবং ইহা বিশেষভাবে নির্মিত যন্ত্র (Oscilloscope) সাহায্যে ব্যাখ্যাত হয়।

দ্বাদশ অধ্যায়

ওয়েলডিং জনিত ব্যয়ের হিসাব (Costing)

১২.০ যে সব বিভিন্ন বিষয় ওয়েল্ডিংয়ের খরচ কমাইতে পারে, তাহার মধ্যে ডিজাইনই অন্যতম। মনে রাখিতে হইবে যে, খুব ভাল রকম ডিজাইনের ওয়েল্ড্ করা ষ্ট্রাক্‌চার; ন্যূনতম ওয়েল্ডিংসম্পন্ন অর্থাৎ প্রয়োজনের অতিরিক্ত ওয়েল্ডিং করা অনুচিত। (এই সম্পর্কে ২য় খণ্ডে বিস্তৃত আলোচনা আছে।)

১২.১ ওয়েল্ডিংয়ের খরচ নিম্নলিখিত বিষয়গুলির উপর নির্ভর করে :

(১) ইলেক্‌ট্রোড্

(২) পারিশ্রমিক

(৩) ব্যয়িত বিদ্যুৎ-শক্তি

(৪) আনুসাঙ্গিক অন্যান্য খরচ

১২.১.১ ইলেক্‌ট্রোড্ :

যদিও ইলেক্‌ট্রোডের খরচ সামগ্রিক ওয়েল্ডিংয়ের খরচের তুলনায় খুব নগণ্য, তবুও ঠিকমত ইলেক্‌ট্রোড্ পছন্দ করা সবচেয়ে বেশী প্রয়োজনীয়। অন্যথায় ফিনিশিং (finishing) এবং শক্তির দিক হইতে ওয়েল্ডিং বাতিল হইতে পারে।

ইলেকট্রোড্ বাছাই করার সময় নিম্নলিখিত বিষয়গুলি মনে রাখিতে হইবে,—

(১) মেকানিক্যাল্ গুণাগুণ (Mechanical properties)

(২) ওয়েল্ডিংয়ের অবস্থিতি

(৩) জোড়ের প্রকারভেদ

(৪) ওয়েল্ডিং বিড্-এর আকৃতি

(৫) ওয়েল্ডিং করার গতি

(৬) বৈদ্যুতিক উৎসের প্রকৃতি

(৭) ওয়েল্ডিংয়ের ফিনিশ্ (finish) এবং

(৮) অনুপ্রবেশের গভীরতা (depth of penetration)

অধিকন্তু এষ্টিমেটারকে আরও কয়েকটি বিষয় চিন্তা করিতে হইবে ; যথা, ওয়েল্ডিংয়ের রাণসংখ্যা, কোন রাণে কত মোটা (gauge) ইলেক্ট্রোড্ ব্যবহৃত হইবে এবং প্রতি ইলেক্ট্রোডে কত দৈর্ঘ্যের ওয়েল্ডিং সম্ভব।

সম্ভব হইলে সবচেয়ে মোটা ইলেকট্রোড্ ব্যবহার করিতে হইবে এবং ইহাতে খরচ কম হয়।

ওয়েল্ডিংয়ে ইলেক্ট্রোডের পরিমাণ নিম্নোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা যায় ;

ওয়েল্ডিংয়ে প্রতি মিটার দৈর্ঘ্যের জন্য

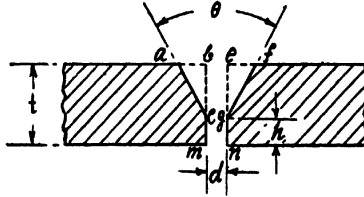
ইলেক্ট্রোডের সংখ্যা $= \frac{V}{v}$

যেখানে, V = প্রতি মিটার দীর্ঘ ওয়েল্ডিংয়ের জন্য ওয়েল্ড্ ধাতুর মোট আয়তন (ঘন মিলিমিটার)

v = প্রতি ইলেক্ট্রোড্ হইতে প্রাপ্তব্য কার্যকরী ধাতুর আয়তন (ঘন মিলিমিটার)

আয়তন নির্ণয় করার প্রণালী :

প্রথম ক্ষেত্র :

সকল মাপ মিলিমিটারে ধরা হইয়াছে।

চিত্র ১২. ১. ১—১

সিঙ্গেল ভি-বাট ওয়েল্ডিং

v_1 = এক মিটার দীর্ঘ ওয়েল্‌ডিংয়ের জন্য গ্যাপের আয়তন

= (b m n e + a b c + e f g) 1000 ঘন মিলিমিটার

$$=\left(d\ t+\frac{1}{2}\times 2\times(t-h)\ (t-h)\ \tan\frac{\theta}{2}\right)\times 1000 \text{ ,, ,,}$$

$$=\left[dt+(t-h)^2\ \tan\frac{\theta}{2}\right]\times 1000$$

কার্য্যতঃ জোড়ার দুই পাশেই ধাতু কিছুটা উঁচু হইয়া থাকে। ইহাকে রি-ইন্‌ফোর্সমেণ্ট্ (reinforcement) বলে। ইহার জন্য উপরি-নির্নীত ধাতুর আয়তনকে 1·15 হইতে 1·25 দিয়া গুণ করিলে কার্য্যতঃ ওয়েলডিং ধাতুর আয়তন (V) পাওয়া যাইবে।

সুতরাং, $V = 1{\cdot}15\ v_1$ হইতে $1{\cdot}25 v_1$, ঘন মিলিমিটার

দ্বিতীয় ক্ষেত্র :

চিত্র ১২. ১. ১—২

ডবল ভি-বাট ওয়েল্ডিং

v_2 = এক মিটার দীর্ঘ ওয়েলডিংয়ের জন্য গ্যাপের আয়তন

$= [pqro + 2 \times apb + 2 \times eqc] \times 1000$ ঘন মিলিমিটার

$= [dt + 2 \times \frac{1}{2} h_1 h_1 \tan\frac{\theta}{2} + 2 \times \frac{1}{2} h_2 h_2 \tan\frac{\theta}{2}] \times 1000$ ঘন মিলি. মি.

$= [dt + (h_1^2 + h_2^2) \tan\frac{\theta}{2}] \times 1000$ „ „ „

সুতরাং, $V = 1{\cdot}15v_2$ হইতে $1{\cdot}25v_2$ ঘন মিলিমিটার

তৃতীয় ক্ষেত্র :

চিত্র ১২. ১. ১—৩

ফিলেট ওয়েল্ডিং

প্রতি পাশের জন্য v_s = এক মিটার দীর্ঘ ওয়েল্‌ডিংয়ের জন্য ওয়েলড্ ধাতুর আয়তন

$$= \frac{1}{2} a^2 \times 1000 \text{ ঘন মিলিমিটার}$$

যেখানে a মিলিমিটারে ফিলেট্ সাইজ.

কার্য্যতঃ, ওয়েল্‌ডিংয়ের আকার অঙ্কিত চিত্রের ন্যায় হয় না। ইহা উত্তল (convex) কিংবা অবতল (concave) হইতে পারে। সুতরাং ওয়েল্‌ডিংকে উত্তল-আকৃতি ধরিয়া V নির্ণয় করা বাঞ্ছনীয়।

সুতরাং, $V = 1{\cdot}15\ V_s$ হইতে $1{\cdot}25\ V_s$ ঘন মিলিমিটার।

ইলেক্‌ট্রোড এফিসিয়েন্সি (Electrode Efficiency)

$$v = \frac{C-B}{g}$$

যেখানে, B = ওয়েল্ডিং করার আগে প্রস্তুত প্লেটের ওজন।

C = একটি ইলেকট্রোড্ সহযোগে ওয়েল্ডিং করার পরে ধাতুমল ও ইতস্ততঃ বিক্ষিপ্ত ওয়েল্ড্ ধাতু পরিষ্কার করার পরে প্লেটের ওজন।

g = ওয়েল্ড ধাতুর ঘনত্ব।

v = প্রতি ইলেক্‌ট্রোড হইতে প্রাপ্তব্য ধাতুর আয়তন।

যদি A = আচ্ছাদন বিযুক্ত ওয়েল্ড্-রডের ওজন হয়, তাহা হইলে,

$$\frac{C-B}{g} \times 100$$ -কে ইলেক্‌ট্রোড্ এফিসিয়েন্সি বলে।

বিভিন্ন ইলেক্‌ট্রোড্ এফিসিয়েন্সিতে 450 মিলি মিটার দীর্ঘ প্রতি ইলেক্‌ট্রোড্ হইতে প্রাপ্তব্য ধাতুর পরিমাণ :

ইলেক্‌ট্রোডের ব্যাস (মিলি. মি.)	3·25 মিলি. মি.	4 মিলি মি	5 মিলি. মি.	6 মিলি. মি
আচ্ছাদন বিযুক্ত ওয়েল্ড্‌-রডের আয়তন ঘন সে.মি	3·7	5·6	8·8	12·7
90% এফিসিয়েন্সিতে	3·4	5·1	8·0	11·5
80% „	3·0	4·5	7 1	10·2
70% „	2·6	4·0	6·2	8·9
60% „	2·2	3·4	5·3	7·6

১২.১.২ পারিশ্রমিক (Labour) :

ইহাকে তিনভাগে বিভক্ত করা যায় ;—

(১) ওয়েল্ডিংয়ের প্রাক্কালে কার্য্যবস্তুর প্রস্তুতিকরণ,

ওয়েল্ডিং করিবার প্রাক্কালে কার্যবস্তুকে বিভিন্নভাবে প্রস্তুত করিতে হয়, যেমন সিঙ্গল-ভী (single vee), ডবল ভী (double vee), U আকৃতি, ক্লিনিং (cleaning) প্রভৃতি।

(২) ওয়েল্ডারের পারিশ্রমিক :

একজন ভাল ওয়েল্ডার আমাদের দেশে ম্যানুয়েল ওয়েল্ডিংয়ে (Manual welding) আট ঘণ্টায় গড় পড়তা 25 হইতে 30

মিটারের মত ইলেক্‌ট্রোড্ গলাইতে পারে। বিভিন্ন গেজের ইলেক্‌ট্রোড্ গলাইতে প্রায় একই সময় লাগে; কারণ মোটা ইলেক্‌ট্রোড্ বেশী কারেণ্ট সহযোগে ব্যবহৃত হয়। স্বয়ংক্রিয় ওয়েল্ডিংয়ের (Automatic welding) ক্ষেত্রে এই কাজের পরিমাণ 4 হইতে 8 গুণ পর্যন্ত হইতে পারে।

(৬) ওয়েল্ডিংয়ের পর ধাতুমল ও ইতস্ততঃ বিক্ষিপ্ত অবাঞ্ছনীয় ওয়েল্ড্-ধাতু পরিস্কার করণ ইত্যাদি।

১২.১.৩ ব্যয়িত বিদ্যুৎ শক্তি :

বিভিন্ন ধরণের ওয়েল্ডিংয়ে বিভিন্ন মাত্রায় বিদ্যুৎ শক্তি ব্যয়িত হয়। ব্যয়িত বিদ্যুৎ শক্তি নিম্নোক্ত উপায়ে নির্ণয় করা যায়।

(১) ডি সি. (D. C.)

ঘণ্টা প্রতি বিদ্যুৎ শক্তি বাবদ খরচ

$$(M) = \frac{\text{আর্ক ভোল্ট্} \times \text{এ্যাম্পিয়ার}}{1000} \times \frac{x}{60}$$

যেখানে x = বৈদ্যুতিক ইউনিট প্রতি খরচ

এবং ওয়েল্ডিং সেটের এফিসিয়েন্সি 60%

(সাধারণতঃ ওয়েল্ডিং সেটের এফিসিয়েন্সি শতকরা 60 থেকে 70 ভাগ হয়। আর্কভোল্ট্ সাধারণতঃ 18 হইতে 30 এর মধ্যে থাকে।)

(২) এ. সি. (A. C.)

$$M = \frac{\text{আর্ক ভোল্ট} \times \text{এ্যাম্পিয়ার} \times \text{পাওয়ার্ ফ্যাক্টর্}}{1000} \times \frac{x}{85}$$

যেখানে ওয়েল্ডিং-সেটের এফিসিয়েন্সি 85% ধরা হইয়াছে।

কার্যতঃ, পাওয়ার ফ্যাক্টর্ নির্ণয় করার জন্য বিশেষ যন্ত্র দরকার, যাহা ওয়েল্ডিং বর্ত্মনীর অঙ্গ নহে। সুতরাং বিদ্যুৎ শক্তি বাবদ খরচ নির্ণয় করিবার সময় পাওয়ার ফ্যাক্টর্‌কে 1 ধরিয়া লইলে,

$$M = \frac{\text{আর্ক ভোল্ট} \times \text{এ্যাম্পিয়ার}}{1000} \times \frac{x}{85}$$

(৩) এঞ্জিন চালিত ওয়েল্ডিং সেট :

ডিজেল্ কিংবা পেট্রোল এঞ্জিনে উৎপন্ন বিদ্যুৎ শক্তির পরিমাণ

$$= \frac{\text{আর্ক ভোল্ট} \times \text{এ্যাম্পিয়ার}}{1000} \times \frac{1}{n} \text{ কিলোওয়াট্}$$

যেখানে n শুধুমাত্র ওয়েল্ডিং জেনারেটারের এফিসিয়েন্সি (আনুপাতিক যোগ্যতা)। ইহা ক্ষেত্রবিশেষে শতকরা 40 হইতে 80 পর্যন্ত হইতে পারে।

উপরোক্ত পরিমাণ বিদ্যুৎ-শক্তি উৎপন্ন করিতে যে পরিমাণ ডিজেল্ কিংবা পেট্রল ব্যয়িত হয়, তাহার মূল্য বিদ্যুৎ-শক্তি বাবদ খরচ ধরিতে হইবে।

সাধারণতঃ ১নং ও ২নং ক্ষেত্র অপেক্ষা এইক্ষেত্রে বিদ্যুৎ-শক্তিবাবদ খরচ শতকরা 60 হইতে 75 ভাগ বেশী।

(ওয়েল্ডিংয়ের প্রকৃত সময় পরিলক্ষিত ওয়েল্ডিংয়ের সময়ের শতকরা 40 হইতে 50 ভাগ।)

১২.১.৪ আনুসঙ্গিক অন্যান্য খরচ :

ইহা বলিতে নিম্নলিখিত খরচগুলির আনুপাতিক বণ্টন বুঝায় ;—

(১) ওয়েল্ডিংয়ের মেশিন ও অন্যান্য প্রয়োজনীয় যন্ত্রবাবদ খরচ।

(২) পরিচালন ও পরিদর্শন বাবদ খরচ।

উপরোক্ত আনুসাঙ্গিক খরচ বিভিন্ন কোম্পানীর ক্ষেত্রে বিভিন্ন।

ত্রয়োদশ অধ্যায়

নিরাপত্তা-বিধি নিষেধ

১৩.০ প্রত্যেক ওয়েল্ডারকে কার্য্যক্ষেত্রের নিয়মাবলী, যন্ত্রপাতির সঠিক ব্যবহার, অগ্নিনিরোধক-ব্যবস্থা এবং ঠিকমত ওয়েল্‌ডিং এর প্রাথমিক জ্ঞান সম্বন্ধে অবহিত থাকা প্রয়োজন। ওয়েল্‌ডারের সামান্যমাত্র অবহেলার দরুণ তাহার নিজের ও আশে-পাশের কর্মীদের জীবন বিপন্ন হইতে পারে; এমনকি বিধ্বংসী অগ্নিকাণ্ড হওয়াও বিচিত্র নয়।

১৩.১ আর্ক-রশ্মি (Arc Rays) :

ইলেকট্রিক আর্কে দৃশ্যমান ও অদৃশ্যমান ইন্‌ফ্রা রেড্‌ (Infra-red) এবং আলট্রা-ভায়োলেট্‌ (Ultra-violet) রশ্মি বর্তমান। ইহার ঔজ্জ্বল্য সাধারণ দৃশ্যমান নিরাপদ আলোকের ঔজ্জ্বল্য অপেক্ষা 10,000 গুণ বেশী, সেইজন্য আর্ক খালিচোখে দেখিতে নাই। অধিকন্তু আর্কের রশ্মি দেহত্বকের ক্ষতি করে। ইহার জন্য নিরাপত্তামূলক ব্যবস্থা অবলম্বন করা উচিত।

(ক) চক্ষু ও মুখমণ্ডলের নিরাপত্তার জন্য বিশেষভাবে নির্মিত ওয়েল্‌ডিং গ্লাশযুক্ত ঢাল (face shield) ব্যবহার করিতে হইবে।

(খ) দেহত্বককে নিরাপদ রাখিবার জন্য ওয়েল্‌ডিং করিবার সময় উপযুক্ত আচ্ছাদন পরিধান করিতে হইবে।

(গ) হাতের নিরাপত্তার জন্য চর্মনির্মিত পুরোদস্তানা (full gloves) ব্যবহার করিতে হইবে।

(ঘ) রশ্মির প্রতিফলনজনিত ক্ষতির প্রভাব হইতে রক্ষা করিবার জন্য ঢাল, আচ্ছাদন ও নিকটবর্তী অন্যান্য প্রতিফলনক্ষম বস্তুসমুদয়কে জিঙ্ক হোয়াইট্ (Zinc white), ইওলো পেইণ্ট্ (yellow paint) অথবা টাইটেনিয়াম্ হোয়াইট্ (Titanium white) রঙ লাগান উচিত।

১৩.২ ইলেকট্রিক্ শক্ (Electric shock :)

(ক) ইলেক্‌ট্রিক্ ওয়েল্‌ডিং মেশিনকে যথোপযুক্তভাবে ভূমির সহিত সংযোগ (Earthing) করিতে হইবে।

(খ) কার্য্যবস্তুর উপর দাঁড়াইয়া ওয়েল্‌ডিং করিবার সময় রাবারের সোলবিশিষ্ট জুতা ব্যবহার করা উচিত। এইসব ক্ষেত্রে সম্ভব হইলে ওয়েল্‌ডিং-এ ডি. সি. ব্যবহার করা উচিত।

(গ) ইলেক্‌ট্রোড্ হোল্‌ডার উপযুক্তভাবে বিদ্যুৎ নিরোধক বস্তু দ্বারা আচ্ছাদিত করিতে হইবে।

১৩.৩ সাধারণ নিরাপত্তা বিধি :

(ক) ওয়েল্‌ডিংজনিত গ্যাস অপসারনের উপযুক্ত ব্যবস্থা থাকা দরকার।

(খ) ওয়েল্‌ডিং করিবার কালে ওয়েল্‌ডারের জন্য সহজভাবে বসা, দাঁড়ান ইত্যাদির জন্য উপযুক্ত ব্যবস্থা রাখিতে হইবে।

(গ) উচ্চস্থানে ওয়েল্‌ডিং করিবার কালে ওয়েল্‌ডারের উপযুক্ত নিরাপত্তার জন্য কটিবন্ধনীর প্রয়োজন।

(ঘ) সহজদাহ্য পদার্থের নিকটবর্তী স্থানে ওয়েল্‌ডিং করিতে হইলে বিশেষ যত্নসহকারে ওয়েল্‌ডিং করিতে হইবে—যাহাতে ওয়েল্‌ডিং-এর ফুল্‌কির দ্বারা অগ্নিকাণ্ড ঘটিতে না পারে।